Plaque-Kontrolle durch drei unterschiedlich abrasive Zahnputzmittel mit einer Handzahnbürste
-Eine randomisierte klinisch kontrollierte Studie-

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades des Doctor medicinae dentarium

der Universität Witten / Herdecke

Fakultät für Gesundheit

vorgelegt von Christina Birke

aus Bocholt

2016

Dekan:	**Prof. Dr. Stefan Wirth**
Mentor:	**Prof. Dr. Dr. h.c. Peter Gängler**
Zweitgutachter:	**Priv.-Doz. Dr. Mozhgan Bizhang**
Tag der Disputation:	**07.04.2016**

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1
2. Übersicht 3
   2.1 Bedeutung der Plaque-Kontrolle bei der täglichen Mundhygiene 3
   2.2 Einflussfaktoren auf die mechanische Plaque-Kontrolle 8
   2.2.1 Zahnputzmittel 8
      2.2.1.1 Abrasivität von Zahnputzmitteln 10
      2.2.1.2 Plaque-Kontrolle durch Zahnputzmittel 13
      2.2.1.3 Plaque-Kontrolle durch antimikrobielle Wirkstoffe 14
   2.2.2 Zahnputzdauer 15
   2.2.3 Zahnputzkraft 17
   2.2.4 Zahnputztechnik 19
3. Zielstellung 22
4. Material und Methode 23
   4.1 Auswahl der Probanden 23
      4.1.1 Voraussetzungen zur Teilnahme 23
      4.1.2 Ausschlusskriterien 24
      4.1.3 Probandenanzahl 24
   4.2 Probandenaufklärung 24
   4.3 Studiendesign 25
      4.3.1 Kalibrierung der Prüfärztin und der Probanden 25
      4.3.2 Three-day-plaque-regrowth 27
      4.3.3 Testmaterialien 27
   4.4 Bewertungsmethoden 28
      4.4.1 Plaqueindex 28
   4.5 Materialien 30
      4.5.1 Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening 30
      4.5.2 Denttabs®-Zahnputztablette 31
      4.5.3 Zahnputzgel Rheodol-Gel plus 32
      4.5.4 ADA- Handzahnbürste 34
      4.5.5 Plaquerevelator Mira-2-Ton® Plaque-Färbelösung 35
   4.6 Studienablauf 36
      4.6.1 Studienprotokoll 36

4.6.2 Zusammenfassung Studienablauf..... 39
4.6.3 Dokumentation..... 40
4.6.4 Auswertung der Fotostaten..... 40
4.7 Statistische Auswertung..... 41
5. Ergebnisse..... 44
5.1 Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening..... 44
5.1.1 Bukkaler Situs der Oberkieferzähne..... 44
5.1.2 Palatinaler Situs der Oberkieferzähne..... 47
5.1.3 Bukkaler Situs der Unterkieferzähne..... 49
5.1.4 Lingualer Situs der Unterkieferzähne..... 51
5.2 Denttabs®-Zahnputztablette..... 53
5.2.1 Bukkaler Situs der Oberkieferzähne..... 53
5.2.2 Palatinaler Situs der Oberkieferzähne..... 55
5.2.3 Bukkaler Situs der Unterkieferzähne..... 57
5.2.4 Lingualer Situs der Unterkieferzähne..... 59
5.3 Zahnputzgel Rheodol-Gel plus..... 61
5.3.1 Bukkaler Situs der Oberkieferzähne..... 61
5.3.2 Palatinaler Situs der Oberkieferzähne..... 63
5.3.3 Bukkaler Situs der Unterkieferzähne..... 65
5.3.4 Lingualer Situs der Unterkieferzähne..... 67
5.4 Vergleich der Plaquereduktion der Zahnputzmittel..... 69
5.4.1 Bukkaler Situs der Oberkieferzähne..... 69
5.4.2 Palatinaler Situs der Oberkieferzähne..... 75
5.4.3 Bukkaler Situs der Unterkieferzähne..... 80
5.4.4 Lingualer Situs der Unterkieferzähne..... 85
5.5 Zusammenfassung..... 90
6. Diskussion..... 92
6.1 Studienprotokoll..... 92
6.1.1 Cross-Over-Design..... 92
6.1.2 Probandenanzahl..... 92
6.1.3 Probandenauswahl..... 93
6.1.4 Professionelle Zahnreinigung und Mundhygienekarenz..... 94
6.1.5 Probandenunterweisung und- kalibrierung..... 95
6.1.6 Zahnputzmittel und Zahnbürste der Studie..... 98

6.1.7 Plaqueindex der Studie..... 100
6.2 Plaquereduktion..... 103
6.3 Risikoeinschätzung..... 111
7. Zusammenfassung..... 115
8. Summary..... 117
9. Literaturverzeichnis..... 119
10. Anhang..... 128
10.1 Anamnesebogen..... 128
10.2 Patienteninformation..... 129
10.3 Einverständniserklärung..... 131
10.4 Randomisierungsliste..... 132
10.5 Video Putztechniken..... 133
10.6 Putzvideo..... 133
10.7 Excel-Auswertungstabelle..... 134
10.8 Statistik-Tabellen..... 135
11. Votum Ethik-Kommission..... 138
12. Danksagung..... 139
13. Lebenslauf..... 140
14. Eidesstattliche Erklärung..... 141

1. Einleitung

Klinische Studien haben in der Vergangenheit belegt, dass die bakterielle Plaque eine entscheidende Rolle bei der Entstehung von Karies und Parodontalerkrankungen spielt. Der Entfernung der Plaque bei der täglichen Mundhygiene kommt aus diesem Grunde eine wichtige Schlüsselrolle zu, um den oralen Gesundheitszustand erhalten zu können. Als Hilfsmittel bei der täglichen Mundhygiene werden überwiegend Zahnbürsten und Zahnpasten verwendet.

Es ist durch klinische Studien belegt, dass die Verwendung von Zahnbürsten bei der täglichen Mundhygiene ein effektives Mittel zur Plaque-Kontrolle und Gingivitisreduktion darstellt (Robinson et al. Cochrane Database of Systematic Reviews 2005). Eine effektive Plaque-Kontrolle mittels Zahnbürste hängt jedoch von mehreren Faktoren ab: zum einen vom Patienten und seiner Geschicklichkeit, Motivation und der von ihm angewendeten Zahnputztechnik, der Art der Zahnbürste (z.B. der Filamentanordnung) und dem unterschiedlichen Aufbau und der Größe des Bürstenkopfes und zum anderen von der verwendeten Zahnpasta und ihren Inhaltsstoffen (Paraskevas et al. 2007, Yaacob et al. 2014). Zu den Zahnbürsten befand das erst kürzlich veröffentlichte Cochrane Review, dass elektrische Zahnbürsten im Vergleich zu Handzahnbürsten sowohl über kurze (1-3 Monate) als auch über längere Studienzeiträume (>3 Monate) effektiver in der Plaque- und Gingivitisreduktion sind (Yaacob et al. 2014). In der Konsequenz ist die klinische Bedeutung der statistischen Aussage dieser Metaanalyse jedoch unklar. Die Autoren betonten in ihrem Review, dass immer noch mit beiden Zahnbürstentypen eine effektive Plaque- und Gingivitis-Kontrolle durchgeführt werden kann.

Der Einfluss von Zahnpasten auf eine effektive Plaque-Kontrolle ist in der Literatur jedoch umstritten. Einige Studien bestätigten in der Vergangenheit, dass der Gebrauch von Zahnpasta per se keinen Einfluss auf die unmittelbare Plaquereduktion während des Zähneputzens hat. Plaquereduktionswerte von 50 % mit dem Gebrauch von Zahnpasta und von 56% durch alleiniges Putzen mit einer Zahnbürste wurden dokumentiert (Paraskevas et al. 2007). Die Autoren waren abschließend der Meinung, dass allein durch die Bürstaktion der Zahnbürste eine Plaquereduktion erreicht wird und dass die Zahnpasta dabei keinen zusätzlichen Einfluss hat. Andere Autoren sind wiederum der Ansicht, dass durch speziell enthaltende Zusätze in Zahnpasten eine effektive Plaque-Kontrolle erreicht werden kann.

Dazu gibt es Ansätze, dass die Plaque-Kontrolle von Zahnpasten assoziiert ist mit:
1) enthaltenen antibiotischen Zusätzen (Zanatta et al. 2012)
2) dem Zusatz von Zinnfluorid (Baig und He 2005, Sharma et al. 2013) oder auch
3) dem Abrasivitätsgrad, der eine große Rolle bei der Plaque-Kontrolle spielen soll (Forward 1991, Joiner 2010). Das heißt, je höher der Abrasivitätsgrad (RDA-Wert) einer Zahnpasta ist, desto mehr Plaque soll bei der täglichen Zahnpflege entfernt werden.

Der Abrasivitätsgrad von Zahnpasten spielt gerade bei den sogenannten Whitening-Zahnpasten eine große Rolle. Viele Menschen wünschen sich heutzutage strahlend weiße Zähne. Daher soll die Zahnpasta nicht mehr nur unterstützend bei der Reinigung der Zähne wirken, sondern soll zudem auch den kosmetischen Ansprüchen der Konsumenten nach strahlend weißen Zähnen gerecht werden (Imfeld und Sener 1999). Dies hat dazu geführt, dass der Marktanteil für Whitening-Zahnpasten in den letzten Jahren erheblich gestiegen ist (Zantner und Kielbassa 2002). Neben weichen Belägen sollen auch extrinsische Verfärbungen durch die Zahnpasta beseitigt und die Zähne dadurch aufgehellt werden (Ghassemi et al. 2008). Um das Reinigungspotential zu verstärken, enthalten herkömmliche Whitening-Zahnpasten daher einen hohen Anteil an stark abrasiven Putzkörpern. Eine In-vitro-Studie bestätigte jedoch bereits, dass Whitening-Zahnpasten zum Teil nicht zwangsläufig besser reinigen als „normale“ Zahnpasten. Stattdessen verursachen sie jedoch eine höhere Dentin-Abrasion und Oberflächenanrauung (Imfeld und Sener 1999).

Es gibt derzeit keine klinischen Studien, die sich mit dem Reinigungspotential von verschiedenen Zahnputzmitteln befassen, welche sich nicht nur hinsichtlich ihrer Darreichungsform (Zahnpasta, Zahnputztablette, Gel) sondern zudem auch in ihrem Abrasivitätsgrad unterscheiden. Aus diesem Grund soll in dieser Studie untersucht werden, ob es einen Unterschied in der Reinigungseffektivität einer hochabrasiven Whitening-Zahnpasta im Vergleich zu einem nur polierenden und einem vollständig abrasionsfreien Zahnputzmittel gibt. Zeigt sich eine ähnliche Reinigungseffektivität, könnten Schäden an der Zahnhartsubstanz durch reduzierte Putzkörperanteile in Zahnpasten künftig minimiert und vermieden werden. Um Antiplaque- und Antigingivitis-Effekte durch Zahnpasten zu erzielen und Verfärbungen entgegenzuwirken, könnten daher besser neue Inhaltsstoffe entwickelt werden, als Partikelgröße und Putzkörperanteile zu vergrößern, um bessere Putzeffekte zu erzielen. Bei der Entwicklung von Zahnputzmitteln könnte dadurch ein neuer Trend entstehen weg von „abrasiven“ Zahnpasten und hin zu einer neuen Mundpflegecreme.

2. Übersicht

2.1 Plaque-Kontrolle durch die tägliche Mundhygiene

Der menschliche Körper wird auf physiologische Weise von einer Vielzahl von Mikroorganismen besiedelt. Aufgrund der Erkenntnisse ihrer Funktion im Magen-Darm-Trakts, im Urogenitaltrakt und in den Atemwege weiß man um den positiven Effekt der mikrobiellen Besiedlung auf den Menschen und seine Gesundheit (Kumar und Mason 2015).
Die Mundhöhle, als orales Ökosystem, beherbergt bis zu 700 verschiedene Arten von Bakterienspezien, die sich auf der nicht-keratinisierten bukkalen Schleimhaut, der keratinisierten Mukosa von Zunge und Gingiva, dem subgingivalen Sulkus und auf den Zahnoberflächen anlagern (Kumar und Mason 2015). Mit ihrem feuchten Milieu und einem pH-Wert zwischen 6,75 und 7,25, bietet die Mundhöhle optimale Voraussetzungen für das Wachstum und die Vermehrung dieser Bakterienspezien.

Die dentale Plaque, als bekannteste Form des natürlichen Biofilms des menschlichen Körpers, wird definiert als ein komplexer Mikroorganismus, der auf den Oberflächen der Zähne zu finden ist. Eingebettet ist dieser Biofilm in eine extrazelluläre Matrix von Wirts- und Bakterien-Polymeren (Marsh 2004).
Die Plaque gilt seit langem als Hauptverursacher von Karies, Gingivitis und Parodontitis und besteht zu 60-70 Volumenprozent aus Bakterien wie zum Besipiel Streptococcus sp., S. sanguinis oder Actinomyces sp. (Hellwig et al. 2009). Die genaue Zusammensetzung der dentalen Plaque variiert jedoch auf den verschiedenen Zahnbereichen, wie den Fissuren, approximalen Bereichen, Glattflächen und dem Zahnhalsbereich (Marsh 2004). Auch innerhalb des supra- und subgingivalen Milieus gibt es Unterschiede in der Plaque-zusammensetzung, was nicht zuletzt in den differenten ökologischen Grundbedingungen begründet liegt.

Ein großer Teil der Mikroorganismen in der Mundhöhle stellen für den Menschen jedoch weitgehend eine Schutzfunktion dar und tragen als Bestandteil einer eubiotischen Plaque zur Infektverhütung bei. Der orale Biofilm fungiert dabei als Barriere und Schutz vor potentiell und obligat pathologischen Transitkeimen, wie etwa durch die Besetzung von Retentionsräumen, den Verbrauch des essentiellen Nahrungsangebots, die Schaffung von

Biofilmbedingungen und die Produktion von antibakteriellen Substanzen (Bakteriozine, Wasserstoffperoxid, Säuren) (Gängler et al. 2010).

Reinkulturen stellten über Jahrhunderte die Basis für das mikrobiologische Verständnis der oralen Plaque dar. Die Ansichten über die Komplexität der Plaque haben sich jedoch im Laufe der letzten Jahrzehnte verändert. Denn Mikroorganismen sind nicht der alleinige Bestandteil der oralen Plaque. Zusammen mit Pilzen und Viren formen sie einen hochkomplexen Biofilm, in dem sie untereinander aber auch mit dem Wirt eine Symbiose eingehen. Jegliche Veränderungen im Wirtsystem haben somit einen direkten Einfluss auf das Mikrobiom.
Durch bakterielle Koaggregation, chemische Signalübertragung, physikalische Aggregation, Transfer genetischen Materials, Wachstumssynergismus und - antagonismus sowie pH-Pufferung kommunizieren und interagieren diese beiden Systeme miteinander (Zaura und Mira 2015). Ein weiterer wichtiger Aspekt stellt die Stimulation des Immunsystems dar.

Kumar und Mason (2015) sehen das orale Mikrobiom als wichtige Voraussetzung für die Aufrechterhaltung des Mundgesundheitszustandes an, denn der orale Biofilm per se ist weder kariogen noch verursacht er gingivale Entzündungsreaktionen.
Dennoch kann dieser physiologische Biofilm innerhalb seiner Struktur aus dem Gleichgewicht geraten und reversible und später irreversible Demineralisierungen der Zahnhartsubstanz sowie Zahnfleischerkrankungen hervorrufen. Dies geschieht durch vermehrte Säureproduktion, Ausschüttung von Toxinen und der Unterdrückung der Wirtsantwort. Dieser „Übergang von einem physiologischen Biofilm mit eubiotischen Verhältnissen zur pathogenen Plaquekariesflora mit dysbiotischen Verhältnissen ist außerordentlich komplex und fließend“ (Gängler et al. 2010).

Eine kritische Änderung des pH-Wertes ist etwa einer der Risikofaktoren, der eine Verschiebung des Gleichgewichtes begünstigt. Der pH-Abfall in ein saures Milieu wird verursacht durch organische Säuren, vor allem von Laktat, die von Plaquebakterien aufgrund der vermehrten Zufuhr und Metabolisierung fermentierbarer Kohlenhydrate produziert werden. Der pH-Wert-Abfall hat eine Neuordnung innerhalb der bakteriellen Zusammensetzung des residenten Biofilms zur Folge (Rosier et al. 2014). Werden die Zahnbeläge dann nicht regelmäßig kontrolliert, kommt es zu einer Reifung der Plaque. Anaerobe Keime vermehren sich und somit steigt die pathologische Potenz des Mikrobioms

(Sheiham und James 2015). Die Veränderung der bakteriellen Spezien-Vielfalt ist meist ein Anhaltspunkt für dysbiotische Konditionen. Während bei parodontalen Erkrankungen eher eine steigende Bakterienvielfalt zu beobachten ist, ist Karies dagegen eher mit einer Abnahme der Bakterienvielfalt assoziiert (Kumar und Mason 2015). Zudem ist die Pathogenität der Plaque von weiteren Faktoren abhängig, wie der Adhärenz der Bakterien und ihren Virulenzfaktoren, dem genetischen Transfer der Keime untereinander, den makromorphologischen Plaqueretentionsfaktoren, immunologischen Abwehrfaktoren und vor allem den Mineralisationsfaktoren. Letzteren kommt beim Vorliegen dybiotischer Verhältnisse eine Schlüsselrolle zu. Denn sie entscheiden, wann ein Mineralisations-ungleichgewicht entsteht und in welcher Ausprägung die kariöse Läsion sich dann letzten Endes bildet (Gängler et al. 2010).

Auch der Einfluss der Zahnplaque auf Erkrankungen des Zahnhalteapparates wird vor allem bei der plaqueinduzierten Gingivitis deutlich. Denn der Verzicht auf jegliche Mundhygienemaßnahmen innerhalb von 4-21 Tagen führt zu einer klinischen und histologischen Entzündungsreaktion auf den veränderten Biofilm (Gängler et al. 2010). Dies verdeutlichte schon in einem „experimentellen Gingivitismodell“ die Studie von Löe et al. (1965). Für die Entstehung gingivaler und parodontaler Erkrankungen steht im Gegensatz zur Karies nicht die Säureproduktion im Vordergrund sondern mehr die von Keimen produzierten Stoffwechselprodukte und Antigene. Eine persistierende gingivale Entzündung stellt erwiesenermaßen ein Risiko für Folgeerkrankungen in Form von Attachment- bis hin zu Zahnverlust dar (Lang et al. 2009).

Neben der Änderung des pH-Wertes begünstigen noch weitere Risikofaktoren die Entstehung von Karies und Ginigivitis wie die Plaquevermehrung aufgrund insuffizient durchgeführter Mundhygiene oder die Unterdrückung von immunologischen Vorgängen der lokalen und systemischen Wirtsantwort. Auch Stellen mangelnden physiologischen Abriebs durch Zunge, Wangen, Lippen und nicht abrasive Nahrung (Cancro und Fischman 1995, Roulet 2003), sowie Zahnputzschäden am Zahnfleischrand, verursacht von harten Zahnbürstenborsten und abrasiver Zahnpasten, stellen weitere Risikofaktoren dar, da sich plaquespezifische Bakterien vor allem auf rauen Zahnoberflächen ansiedeln (Cancro und Fischman 1995, Hancock 1996).

Entsprechend der unspezifischen Plaquehypothese ging man lange Zeit davon aus, dass durch die maximale Entfernung der Zahnplaque die Entstehung von Karies, Gingivitis und Parodontitis zu vermeiden wäre (Rosier et al. 2014). Die Biofilmforschung der letzten Jahrzehnte hat diese Ansicht jedoch vollständig revidiert, sodass heutzutage die früher geltenden Plaquehypothesen durch die ökologische Plaquehypothese in den Hintergrund getreten sind. Letztere vertritt die Ansicht, dass die Bakterien, welche für die Entwicklung kariogener Prozesse verantwortlich sind, auf den Zahnoberflächen bereits in der physiologischen Plaqueflora zu finden sind. Die lokalen Faktoren wie etwa vermehrte Kohlenhydratzufuhr oder niedriger Speichelfluss sind letzten Endes dann verantwortlich für die Dysbalance des ökologischen Gleichgewichtes (Rosier et al. 2014).

Das Ziel der häuslichen Mundhygiene sollte heutzutage darin bestehen die Plaque so zu kontrollieren, dass ein ausgewogenes Verhältnis zwischen bakterieller Besiedlung und der immunologischen Antwort des Wirtes besteht. Daher gilt die Empfehlung zu zweimal täglichem Zähneputzen mit einer fluoridhaltigen Zahnpasta, um eine „gewisse Reduktion pathogener Mikroorganismen“ zu erzielen (Schiffner 1995). Laut einer Umfrage von Ganss et al. kommt die Mehrheit der Erwachsenen (79,6%) dieser Empfehlung nach (Ganss et al. 2009). In der vierten Deutschen Mundgesundheitsstudie (2006) gaben 80% der Probanden an, dass sie sich mindestens zweimal pro Tag die Zähne putzen.

Im Durchschnitt dauert es 24 Stunden bis sich auf gereinigten Zahnoberflächen eine neue stoffwechselaktive Plaque etabliert hat (Schiffner 1995). Diese bildet sich zunächst in den approximalen Bereichen der Molaren und Prämolaren sowie entlang der dentogingivalen Grenze (Claydon 2008). Ohne mechanische Entfernung entwickelt sich die Plaque in den nachfolgenden Stunden nicht nur weiter nach koronal, sondern nimmt ab dem dritten Tag auch deutlich in ihrer Dicke zu. Die Menge der Plaqueentwicklung ist nicht linear, sondern exponentiell und ist nach 48 Stunden relativ konstant (Furuichi et al. 1992). Der Höhepunkt der Plaquedicke und ihres Ausmaßes ist am 7.Tag erreicht (Axelsson 1981, Loe 2000, Claydon 2008).
Die Molaren weisen im Durchschnitt nicht nur höhere Plaquemengen auf (Prasad et al. 2011), sondern unterscheiden sich auch hinsichtlich der supragingivalen Plaque-zusammensetzung im Vergleich zu anderen Zähnen. An den Molaren wurde die größte Anzahl von 40 unterschiedlichen Bakterienspezies durch Plaque-DNA-Proben verifiziert (Haffajee et al. 2009). Schon Axelsson (1981) verwies auf die Molaren und Prämolaren als

sogenannte „Risikozähne“, die laut Studien eine höhere Plaquebesiedlung aufweisen und mit einem vermehrten Vorkommen von parodontalen Erkrankungen assoziiert werden. Als „Risikozahnflächen“ werden die approximalen und dentogingivalen Zahnflächen dieser Zähne gesehen, da sie während der täglichen Zahnreinigung nur schwer mit einer Zahnbürste zu erreichen sind und daher oft größere Mengen an Plaque gerade hier nicht reduziert werden können (Axelsson 1981, Furuichi et al. 1992, Terézhalmy et al. 2008).

Viele Prozesse innerhalb der Komplexität des oralen mikrobiologischen Ökosystems und des Zusammenwirkens mit dem Immunsystem des Wirtes sind bisher noch nicht vollständig verstanden. Ungefähr 50% der Zellen, welche die Plaque beherbergt, können heutzutage noch nicht in den Laboren kultiviert werden (Marsh 2004). Somit stellt die Verbesserung von Mundhygienehilfsmitteln einen wichtigen und effektiven Weg zur Karies- und Gingivitisprävention dar. Zur Prophylaxe dieser Erkrankungen sollte der dentale Biofilm täglich kontrolliert und reduziert werden, um diesen in einem physiologischen eubiotischen Gleichgewicht zu halten und damit eine Reifung der Plaque zu behindern. Als Hygiene-hilfsmittel werden dazu routinemäßig Zahnbürste, Zahnpasta sowie Zahnseide oder auch Interdentalbürsten verwendet.
Welche Rolle neben diesen Mundhygienehilfsmitteln auch andere Faktoren, wie etwa die Zahnputzdauer, -kraft und -technik bei einer effektiven Plaque-Kontrolle spielen, soll in den nachfolgenden Kapiteln weiter erläutert werden.

2.2 Einflussfaktoren auf die mechanische Plaque-Kontrolle

2.2.1 Zahnputzmittel

Schon lange bevor die ersten Zahnbürsten entwickelt wurden, wurde bereits Zahnpasta als Hilfsmittel verwendet, um die Zähne pflegen und Mundgeruch beseitigen zu können. Bereits 4000 v.Chr. sollen die Ägypter Zahnpasten hergestellt und verwendet haben (Fischman 1997). Schriften zufolge war es Hippocrates, der im Zeitalter der Antike als Erster den Gebrauch von Zahnpasten der Allgemeinheit empfahl. Um die Reinigungsleistung der Zahnpasta zu verbessern, wurden auch damals wie heute Abrasiva hinzugefügt, die zudem auch durch die Beseitigung von Verfärbungen die Zähne aufhellen sollten (Forward 1991, Schemehorn et al. 2011). Auch im römischen Reich reinigten die Menschen ihre Zähne mit einem Gemisch aus Myrre, gestampften Rosenblättern und Galläpfeln. Dabei dienten die gepuderten Galläpfel als Abrasiv. Avicenna (980-1037) war einer der Ersten, der seinen Patienten von der Benutzung von harten Pulvern zur Zahnreinigung abriet, da diese die Zähne schädigen würden (Fischman 1997). Die Inhaltsstoffe, die damals zur Herstellung von Zahnpasten verwendet wurden, variierten innerhalb dieser Epochen dennoch stark. Salz, gemahlene Eierschalen und Knochen, Schlagenhaut, Asche von verbranntem Hirschgeweih, Ochsen-oder Ziegenhufen sind nur einige davon (Fischman 1997, Jardim et al. 2009).

Die tägliche Zahnpflege ist eine wichtige Voraussetzung, um die Plaqueakkumulation auf den Zahnoberflächen zu reduzieren und somit plaqueassoziierten Erkrankungen wie Karies, Gingivits oder Parodontitis vorbeugen zu können. Für die häusliche Mundhygiene werden heutzutage routinemäßig zu den Zahnbürsten Zahnpasten verwendet, um die Plaque-Kontrolle zu verbessern (Zanatta et al. 2012).
Auf dem Markt gibt es eine große Auswahl von Zahnputzmitteln für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche. Viele Zahnpasten sollen heutzutage neben der Reinigung der Zähne von Plaque und der Kariesprävention durch den enthaltenden Fluoridanteil zudem auch einen kosmetischen Effekt bewirken und die Zähne aufhellen.
Es gibt jedoch auch auf dem Markt erhältliche Alternativen zur Zahnpasta wie zum Beispiel Zahnputzpulver, -Gele oder auch Zahnputztabletten. Zahnputzpulver werden vor allem in Entwicklungsländern aufgrund ihrer geringen Kosten verwendet. Studien von Khan et al. verglichen Zahnputzpulver mit Zahnpasten und waren abschließend der Ansicht, dass eine

effektive supragingivale Plaque-Kontrolle auch durchaus mit Zahnputzpulvern durchgeführt werden kann (Khan et al. 2009, Khan et al. 2012). Die Hauptbestandteile eines Zahnputzpulvers sind Calciumcarbonat, ätherische Öle und Natriumsaccharin. Der RDA-Wert liegt mit 153 im Bereich eines hoch abrasiven Zahnputzmittels.

Andere Studien untersuchten die Plaque- und Gingivitis-Kontrolle von Zahnputzgelen im Vergleich zu Zahnpasten. Diese Zahnputzgele enthalten meist spezielle antimikrobielle Wirkstoffe, um eine gute Mundhygieneeffektivität zu erzielen. Eine kürzlich publizierte Literaturübersicht von Slot et al. (2014) zeigte, dass die Gele in der Plaque-Kontrolle deutlich weniger effektiv waren als die Zahnpasten. Beide Zahnputzmittel enthielten dabei den gleichen antimikrobiellen CHX-Wirkstoff. Die Autoren schlussfolgerten, dass CHX-Gele daher nicht beim Zähneputzen verwendet werden sollten.
Ein anderes neues Zahnputzgel mit einem enthaltenden Edathamil-Wirkstoff (2,6% Livionex® Dental Gel) zeigte in einer anderen aktuellen Studie hingegen über 21 Tage eine deutliche Plaquereduktion (86%). Im Vergleich dazu erzielte das Kontroll-Gel mit dem antimikrobiellen Wirkstoff Triclosan nur eine 33%igen Plaquereduktion (Colgate Total®) (Dadkhah et al. 2014).
Auch gibt es auf dem Markt ein fluoridfreies Aloe-Vera Zahnputzgel ohne Zusätze antimikrobieller Wirkstoffe. Laut einer In-vitro-Untersuchung soll der natürliche Wirkstoff Aloe-Vera die gleichen antimikrobiellen Effekte auf die untersuchten Keimspektren (u.a S.mutans, E.faecalis) besitzen wie zwei herkömmliche Zahnpasten (George et al. 2009). Untersuchungen des Aloe-Vera Zahnputzgel bezüglich der Plaquereduktionswirkung fehlen jedoch derzeit.

Eine weitere Alternative zur der herkömmlichen Zahnpasta stellt die sogenannte Zahnputztablette Denttabs® dar. In einer Feldstudie wurde dazu an 448 Probanden die Mundhygieneeffektivität einer Zahnputztablette mit einer herkömmlichen Zahnpasta verglichen. Es zeigte sich, dass die Zahnputztablette sowohl in der Reduzierung des Plaqueindex als auch des Gingivaindex der Zahnpasta ebenbürtig war (Böshagen et al. 2005). Somit stellt auch die Zahnputztablette eine Alternative zur herkömmlichen Zahnpasta dar.

Das gebräuchlichste und verbreitetste Mittel zur häuslichen Belagskontrolle stellt heutzutage jedoch immer noch die Zahnpasta dar. Diese soll durch ihren enthaltenen Fluoridanteil und

durch antimikrobielle Zusätze zum einen die Plaqueansammlung auf den Zähnen reduzieren, weiche Beläge entfernen und zur Kariesprävention beitragen (Zanatta et al. 2012). Da sich heutzutage viele Menschen zudem weiße, natürliche Zähne wünschen, sollen Zahnpasten auch kosmetische Effekte erzielen, wie etwa Verfärbungen beseitigen, und ein Frischegefühl im Mund nach dem Zähneputzen bewirken (Forward et al. 1997, Paraskevas et al. 2006, Joiner 2010).

Aus diesem Grund enthalten Zahnpasten als einen der drei Hauptbestandteile zu 15-55% Abrasivstoffe (Putzkörper), um eine mechanische Reinigung der Zahnoberflächen zu erreichen (Hellwig et al. 2009). Zwei weitere Hauptbestandteile sind zum einen demineralisiertes Wasser und zum anderen Feuchthaltemittel zu je 20-40% (Hellwege 2003). Durch zusätzliche Inhaltsstoffe wie Tenside z.B. Natriumlaurylsulfat (maximal 2%), die verantwortlich für die Schaumwirkung sind, soll hinzu das Zahnputzerlebnis für den Patienten verbessert werden und ihn somit zu längeren Zahnputzzeiten und regelmäßiger Mundhygiene motivieren (Ghassemi et al. 2008). Ferner sind Bindemittel, Süßstoffe, Geschmacksstoffe, Farb- und Konservierungsstoffe oder auch therapeutische Wirkstoffe in geringeren Konzentrationen zu je 1-2% in Zahnpasten enthalten (Hellwege 2003).

2.2.1.1 Abrasivität von Zahnputzmitteln

Um eine effektivere Plaquereduktion von den Zahnoberflächen zu erzielen, werden vielen herkömmlichen Zahnpasten verschiedenartige Abrasiva hinzugefügt (Forward et al. 1997, Wulknitz 1997, Meyers et al. 2000). Abrasiva sind die ältesten Inhaltsstoffe einer Zahnpasta und bestehen aus unlöslichen Materialien, wie Silica, Calziumcarbonat, Calciumphosphat, Aluminiumoxid, Perlit oder Bimsstein (Hunter et al. 2002). Gerade die sogenannten Whitening-Zahnpasten enthalten oft einen sehr hohen Putzkörperanteil, um die Reinigungsleistung von Zahnpasten zu verbessern (Zantner und Kielbassa 2002). Durch die Abrasiva soll die verfärbte Pellikel entfernt, die Zahnoberfläche poliert und der natürliche Glanz des Zahnes wiederhergestellt werden. Letzten Endes soll dadurch auch die Zahnhelligkeit verbessert werden.

Je größer die Partikelgröße und je höher die Konzentration der Abrasiva ist, umso höher ist auch die resultierende Abrasion der Zahnhartsubstanz. Auch die unterschiedliche Härte des Abrasivmaterials spielt bei der Abrasion eine Rolle (Davis 1980). Neben dem Abrasivitätsgrad der Zahnpasta sollen zudem auch der Borstentyp und die Borsten-konfiguration sowie die Zahnputztechnik und der Zahnputzdruck nach Loe (2000) wichtige

Variablen sein hinsichtlich der Verursachung von Zahn- und auch Gingivaabrasionen. Obwohl demnach der Abrasivitätsgrad nicht als alleinige Ursache für Abnutzungserscheinungen an der Zahnhartsubstanz angesehen werden kann (Litonjua et al. 2003), kann ein in Zahnpasten enthaltender zu hoher Gehalt an Abrasiva zu Dentinabrasion oder auch Zahnhypersensibilitäten führen (Kuroiwa et al. 1994, Addy et al. 2002, Hooper et al. 2003). Auch die Ursache von keilförmigen Hartsubstanzdefekten soll unter anderem in der unsachgemäßen Zahnpflege mit abrasiven Zahnpasten liegen (Nolden 1985).

Die Reinigungsfunktion durch Abrasiva während des Zahnputzvorgangs soll dadurch bewirkt werden, dass diese zunächst zwischen den Borsten einer Zahnbürste fixiert werden (Lewis et al. 2004) und anschließend durch die Bürstenbewegungen in der Lage sind, Plaqueanlagerungen und die verfärbte Zahnpellikel zu entfernen. Aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften sind die Abrasivstoffe nämlich härter als Plaque und die Pellikel, wodurch auch letzten Endes der Reinigungseffekt zustande kommen soll. Eine Limitation der Reinigungseffektivität besteht jedoch darin, dass die Abrasiva nur dort reinigen können, wo die Borsten die Zahnflächen erreichen (Joiner 2010). Die approximalen Flächen oder auch der gingivale Saum sollen daher nur schwer von Plaque und Verfärbungen zu beseitigende Bereiche sein (Joiner 2010).
Faktoren wie etwa die Partikelhärte, -form und -größe sowie die Verteilung und Konzentration des Abrasivs sollen zudem weitere ausschlaggebende Variablen für den Reinigungsprozess sein (Davis 1978). Erhöht sich die Konzentration des Abrasivs oder auch die Partikelgröße, so würde sich auch das Potential der Schädigungen auf die Zahnhartsubstanz erhöhen (Joiner 2010). Eine zu hohe Partikelgröße würde sich im Endeffekt auch eher nachteilig auf die Reinigungsleistung auswirken, da die Partikel nicht mit den Borsten aufgenommen werden könnten und somit ihre Wirkung bei der mechanischen Plaque-Kontrolle verfehlen würden (Joiner 2010).

Als eine bekannte Messmethode zurückgehend auf Grabenstetter et al. (1958) zur Bestimmung des Abrasivitätsgrades einer Zahnpasta gilt die In-vitro-Bestimmung des Abriebs von radioaktiv markiertem Dentin (Relative Dentin Abrasion= RDA) oder auch Schmelz (Relative Enamel Abrasion= REA) (Hellwig et al. 2009). In speziellen Testlaboratorien wird dieser Abrieb im Verhältnis zum Abrieb eines standarisierten Abrasivmediums gesetzt und anschließend berechnet (Joiner 2010). Folgende definierte RDA-Werte gelten heutzutage für einen bestimmten Abrasivitätsgrad einer Zahnpasta:

RDA 0-19: sehr niedrig, RDA 20-39: niedrig, RDA 40-79: mittel, RDA 80-99: hoch, RDA ≥ 100: sehr hoch (Hellwig et al. 2009).

Toto und Rapp (1972) zeigten bereits in ihrer Studie, dass eine niedrig abrasive Zahnpasta (60%) genauso effektiv reinigt, wie eine mittlere- (64,5%) oder auch eine hochabrasive Zahnpasta (63,5%). Man ließ dazu 99 Probanden in einer Parallelstudie nach einer 12-stündigen Plaqueakkumulation mit einer elektrischen Zahnbürste für 60 Sekunden ihre Zähne putzen, um anschließend die Plaquereduktion durch die jeweilige Zahnpasta bestimmen zu können. Jedoch wurde in dieser Studie die Einteilung der Abrasivitätsgrade anders bewertet als heutzutage. Die Autoren befanden damals folgende RDA-Werte für niedrig-(RDA:135/122) mittel-(RDA:283/266) oder hochabrasiv(RDA:441/503). Heutzutage liegt der von der American Dental Association akzeptierte maximale RDA-Wert einer Zahnpasta schon bei 250 (Schemehorn et al. 2011). Die niedrig abrasive Zahnpasta in dieser Studie gilt zudem nach der oben aufgezeigten heutigen Definition schon als sehr hoch abrasiv.

Dass ein höherer RDA-Wert nicht zwangsläufig zu einer höheren Plaquereduktion führt, bestätigte auch eine andere Studie, die ebenfalls drei Zahnpasten hinsichtlich ihrer Plaque-Kontrolle verglich. Zusätzlich wiesen die Zahnpasten auch verschiedenartige Abrasiva auf. Die Zahnpasta mit einem RDA von 30 bis 40 reinigte hier sogar effektiver als die anderen beiden getesteten und höher abrasiven Zahnpasten (RDA 70-80/100-110) (Mankodi et al. 1998).

Imfeld et al. (1999) bestätigten in einer In-vitro-Studie, dass Whitening-Zahnpasten zum Teil nicht zwangsläufig besser reinigen als „normale“ Zahnpasten, dabei jedoch eine höhere Dentin-Abrasion und Oberflächenanrauung verursachen als normale Zahnpasten (Imfeld und Sener 1999, Schemehorn et al. 2011). Der Abrasivitätsgrad einer Zahnpasta sollte daher so angepasst sein, dass bei einer maximalen Reinigungsleistung nur ein minimales Schädigungspotential an der Zahnhartsubstanz bewirkt wird (Hunter et al. 2002).

Auch die klinische Studie von Paraskevas et al. (2006) untersuchte den Einfluss von Zahnpasten und deren Abrasiva auf die unmittelbare mechanische Plaque-Kontrolle. Verwendet wurden dabei drei Zahnpasten, die sich alle in ihren RDA-Werten (RDA:80 und RDA:200) unterschieden, jedoch alle das gleiche Abrasiv hydriertes Silica enthielten. Zusätzlich gab es eine Untersuchungssitzung in der die 40 Probanden mit einer Handzahnbürste auch ohne Zahnpasta putzten. Sowohl die unterschiedlichen RDA-Werte als auch der Gebrauch von Zahnpasta per se, hatten auch hier keinen signifikanten Einfluss auf die Plaquereduktion.

2.2.1.2 Plaque-Kontrolle durch Zahnputzmittel

In diversen klinischen Studien wird seit einigen Jahren die unmittelbare Plaquereduktion durch die Zahnpasta nach dem Zähneputzen untersucht. Dazu unterlassen die Probanden zunächst für einen bestimmten Zeitraum ihre Mundhygiene, um eine adäquate und sichtbare Plaqueakkumulation zu erzielen. Die Zeiträume ohne Mundhygiene variieren dabei von Studie zu Studie von teils 12 Stunden (Toto und Rapp 1972) bis hin zu 96 Stunden (Zanatta et al. 2011). In der Untersuchungssitzung werden jeweils vor (prebrush) und nach (postbrush) dem Zähneputzen die Plaquemengen meist auf den gesamten Zahnoberflächen des Mundes durch Plaquefärbelösungen angefärbt und direkt anhand von Plaqueindizes (Paraskevas et al. 2007) oder auch indirekt optisch-planimetrisch erfasst und später ausgewertet (Lang et al. 2011, Zanatta et al. 2011). Aus der Differenz der prä- und postbrush Werte lässt sich dann anschließend unter anderem die prozentuale Plaquereduktion auf den Zahnoberflächen nach dem Zahnpastagebrauch errechnen.

Welche konkrete Rolle der Zahnpasta bei der unmittelbaren mechanischen Plaque-Kontrolle zukommt, ist derzeit in der Literatur umstritten.
Es gibt Studien, die eine bessere Plaquereduktion beobachten, wenn Zahnpasta mit einer Zahnbürste benutzt wurde. In der Studie von Eid und Talic (1991) wurden 53 Probanden professionell von einer Dentalhygienikerin eine Minute lang die Zähne geputzt. Benutzt wurde damals entweder Zahnpasta oder Wasser. Es zeigte sich, dass das Putzen mit Zahnpasta im Vergleich zu Wasser in einer höheren Plaquereduktion resultierte.
In einer Studie von Zanatta et al. (2011) putzten 25 Probanden in einem Split-mouth-Studiendesign dagegen selbst ihre Zähne. Sie verwendeten dabei weiche und mittelharte Zahnbürsten, mit oder ohne Zahnpasta. In der Gruppe der weichen Zahnbürsten zeigte sich zunächst kein Unterschied in der Plaquereduktion mit (66%) oder ohne Zahnpasta (72%). Die mittelharte Zahnbürste entfernte dagegen durch den Gebrauch von Zahnpasta jedoch signifikant mehr Plaque (78,7%). Zudem wurden damals, unabhängig vom Härtegrad der Zahnbürsten, höhere gingivale Abrasionen festgestellt, sobald Zahnpasta beim Putzvorgang verwendet wurde.
In weiteren Studie gab es jedoch keinen Unterschied in der Plaquereduktion, wenn Zahnpasta benutzt wurde oder nicht (Parizotto et al. 2003, Creeth et al. 2009, Zanatta et al. 2012, Rosema et al. 2013). In der Studie von Creeth et al. (2009) zeigte sich, dass der

Gebrauch von 1,5 g Zahnpasta keinen zusätzlichen Effekt auf die Plaquereduktion nach einem einminütigen Zähneputzen hat.
Andere klinische Studien zeigten wiederrum, dass allein mit einer Handzahnbürste ohne Zahnpasten sogar mehr Plaque beseitigt werden konnte (Paraskevas et al. 2006, Paraskevas et al. 2007, Jayakumar et al. 2010). Plaquereduktionswerte von 50% mit und 56% ohne Zahnpasta wurden damals unter anderem festgestellt (Paraskevas et al. 2007).
Die Autoren gingen auch aufgrund der Ergebnisse einer vorherigen Studie davon aus, dass allein durch die Bürstenaktion der Zahnbürste eine Plaque-Kontrolle erreicht wird und dass die Zahnpasta dabei keinen unterstützenden Effekt hat (Paraskevas et al. 2006, Paraskevas et al. 2007).

2.2.1.3 Plaque-Kontrolle durch antimikrobielle Wirkstoffe

Obwohl in der Literatur Uneinigkeit darüber besteht, welchen Effekt nun letzten Endes Zahnputzmittel auf die unmittelbare Plaquereduktion haben, konnten einige Studien zeigen, dass durch den Gebrauch von Zahnpasta im Vergleich zu Wasser nachträglich das Plaquewachstum reduziert werden konnte (Harrap 1974, De la Rosa et al. 1979, Stean und Forward 1980). Die Zahnpasten enthielten in diesen Studien antimikrobielle Zusätze wie Chlorhexidin. Auch andere Zusätze wie etwa Zinn- und Zinkfluorid oder auch Triclosan sollen die Kontrolle von Plaque und Gingivitis positiv beeinflussen (Davies 2008).

Der Chlorhexidin-Wirkstoff ist vor allem in Mundspüllösungen oder auch Zahnputzgelen enthalten. Klinische Studien bewiesen in der Vergangenheit die erfolgreiche Plaque- und Gingivitis-Kontrolle durch diese Mittel (Addy und Moran 1997, Slot et al. 2010). Zahnpasten enthalten diesen Wirkstoff hingegen nur selten, da Chlorhexidin leicht durch anionische Inhaltsstoffe inaktiviert werden kann und zudem Zahnsteinbildung und Zahnverfärbungen verursacht (Davies 2008).
Der in Zahnpasten enthaltende und von Colgate® patentierte Triclosan-Wirkstoff, soll laut einer Studie über sechs Monate eine höhere supragingivale Plaque- und Gingivitis-Kontrolle ermöglichen als Zahnpasten ohne Triclosan-Zusatz (Allen et al. 2002). Eine andere Studie beobachtete über einen Zeitraum von vier Wochen eine signifikant höhere Plaquereduktion durch den Wirkstoff Natriumbikarbonat im Vergleich zu einer triclosanhaltigen Zahnpasta und einer Zahnpasta, die keinen der beiden Inhaltsstoffe enthielt (Ghassemi et al. 2008).

2.2.2 Zahnputzdauer

Die Zahnputzdauer ist neben der Zahnputztechnik und der angewendeten Kraft beim Putzen ein wichtiger Co-Faktor für eine effektive Plaque-Kontrolle (Ganss et al. 2009) und stellt die einfachste vom Patienten selbst zu überprüfende Komponente für eine effektive häusliche Zahnreinigung dar (Creeth et al. 2009).

Bezüglich der empfohlenen Putzzeit gibt es in der Literatur keine eindeutigen Richtwerte. In den Fragebögen der DMS IV wird eine "gute Mundhygiene" mit einer Putzdauer von mindestens zwei Minuten evaluiert (Micheelis und Schiffner 2006), die American Dental Association empfiehlt dagegen eine Putzdauer von mindestens drei Minuten. Viele Patienten überschätzen jedoch die tatsächliche Zeit in der sie putzen und reinigen im Endeffekt deutlich kürzer als sie eigentlich vermuten (Cancro und Fischman 1995, Saxer et al. 1998, Terézhalmy et al. 2008).

Eine aktuelle Studie untersuchte die durchschnittliche Putzdauer von 103 uninstruierten Probanden, indem diese über einen Spiegel indirekt beim Zähneputzen gefilmt wurden. Obwohl die Probanden wussten, dass ihr Putzverhalten aufgezeichnet wurde und sich dadurch eventuell auch schon ihre Putzzeit im Vergleich zur gewohnten Weise verlängerte, lag die durchschnittliche Putzzeit bei 96,6 Sekunden (Ganss et al. 2009). Unter normalen Bedingungen wird die durchschnittliche Putzzeit in der Bevölkerung wahrscheinlich durchaus noch kürzer einzuschätzen sein und meist unter einer Minute liegen (Terézhalmy et al. 2008). In einer älteren Studie lag die durchschnittliche Putzzeit von jungen Erwachsenen im Alter von 18-22 Jahren lediglich nur bei 33 Sekunden (Macgregor und Rugg-Gunn 1985) und damit deutlich unter der empfohlenen Putzzeit.

Viele Studien belegten, dass sich mit einer zunehmenden Reinigungsdauer die Plaquereduktion erhöht. Die Putzzeit stellt daher einen wichtigen Faktor für eine effektive häusliche Belagskontrolle dar. Der Literaturübersicht von Slot et al. (2012) zufolge wird nach einer Putzdauer von einer Minute durchschnittlich 27% Plaque entfernt, nach zwei Minuten bereits 41%.

Van der Weijden et al. (1993) untersuchte die Plaquereduktion vier verschiedener Zahnbürsten (vier elektrische, eine Handzahnbürste) über fünf verschiedene Putzzeiten (30s, 60s, 120s, 180s und 360s). Ein Untersucher putzte dazu den Probanden mit den jeweiligen Zahnbürsten ohne Zahnpasta die Zähne. Bei allen Zahnbürstentypen zeigte sich auch hier eine höhere Plaquereduktion, sobald die Putzzeit verlängert wurde. Der größte

Reinigungseffekt wurde nach einer Putzzeit von zwei Minuten erreicht. Nach einer sechsminütigen Putzdauer (90s pro Quadrant) wurde abschließend trotzdem nur eine 74%ige Plaquereduktion durch die Handzahnbürste erreicht. Die approximalen Flächen wurden von allen Zahnbürsten zu jeder Putzzeit am geringsten gereinigt.
Die Ergebnisse, dass längere Putzzeiten zu einer höheren Plaquereduktion führen, bestätigten auch zwei andere Studien, die jeweils drei elektrische Zahnbürsten über verschiedene Putzintervalle hin untersuchten (Van der Weijden et al. 1996, McCracken et al. 2003).
Terézhalmy et al. (2008) untersuchte in einer Studie die Plaque-Kontrolle von zwei verschiedenen Handzahnbürstentypen nach unterschiedlichen Putzzeiten (Oral-B CrossAction (1min), ADA-Handzahnbürste (2 und 5 min)). Trotz des unterschiedlichen Aufbaus der beiden Handzahnbürsten entfernte die ADA-Zahnbürste nach fünf Minuten signifikant mehr Plaque (10%) als nach zwei Minuten und mehr Plaque als die CrossAction nach nur einer Minute. Nach einer einmütigen Putzdauer mit der CrossAction und einer zweiminütigen Putzdauer mit der ADA-Zahnbürste lies sich jedoch kein Unterschied in der Plaquereduktion feststellen (Terézhalmy et al. 2008).
Auch die Studie von Creeth et al. (2009) untersuchte die erreichte Plaquereduktion nach unterschiedlichen Putzzeiten (30s, 45s, 60s, 120s, 180s). 47 Probanden putzen dazu unter Beobachtung mit einer weichen Handzahnbürste und 1,5 g Zahnpasta ihre Zähne in ihrer gewohnten Weise. Die Ergebnisse zeigten auch hier einen signifikanten Zusammenhang zwischen Putzzeiten und der erreichten Plaquereduktion. Die längste Putzzeit von 180 Sekunden entfernte 55% mehr Plaque als die kürzeste Zeit (30s). Dennoch verblieben auch bei 180 Sekunden immer noch beträchtliche Mengen an Plaque auf den Zahnoberflächen.

Dennoch ist die Putzdauer nicht ausschließlich ausschlaggebend für eine adäquate Plaque-Kontrolle. Die Studie Van der Weijdens (1993) bestätigte, dass auch verlängerte und unrealistische Putzzeiten von bis zu sechs Minuten immer noch keine optimale Plaquereduktion bewirken. Ein Grund dafür könnte sein, dass Patienten stets die gleichen Bewegungsmuster mit ihrer Zahnbürste verfolgen, sodass die Plaque von bisher noch nicht erreichten Zahnflächen im Allgemeinen trotz ausgedehnter Putzzeiten nicht weiter reduziert wird (Hodges et al. 1981 zit. nach Creeth et al. 2009, Claydon 2008). Daher ist neben der Putzzeit auch eine systematisch durchgeführte Putztechnik, die auch die schwer zu reinigenden gingivalen oder auch approximalen Bereiche erfasst, zusätzlich von großer Bedeutung. Auch der Gebrauch von interdentalen Reinigungshilfsmitteln bei der täglichen

Mundpflege ist unerlässlich, da die vorliegenden Studien zeigten, dass trotz längerer Putzzeiten diese Bereiche stets am wenigstens gereinigt wurden (Van der Weijden et al. 1993, Terézhalmy et al. 2008).

2.2.3 Zahnputzkraft

Es konnte beobachtet werden, dass Patienten mit einer guten Mundhygiene mehr Rezessionen und dentale Abrasionen aufweisen (Burgett und Ash 1974). Ein Grund könnte dafür sein, dass Patienten annehmen, dass eine Erhöhung der ausgeübten Putzkraft in einer höheren Plaquereduktion resultiert. Die Folge sind nicht selten Putzschäden, die sich anhand von Rezessionen, Hypersensibilitäten, Abrasionen an den Wurzelflächen oder auch als kosmetische Probleme zeigen (Van der Weijden et al. 1996).
Mierau et al. (1984) zeigten in ihren Untersuchungen, dass Patienten mit einer Putzkraft von ≤ 2 N keine (sichtbaren) Putzschäden aufwiesen. Patienten mit einer schlechten Mundhygiene weisen damit nicht nur weniger Putzschäden auf, sie putzen auch im Durchschnitt mit einer geringeren Putzkraft (White 1983). In der Literatur gibt es jedoch widersprüchliche Angaben darüber, ob Rezessionen eine Folge eines zu extensiven Putzens sind (Litonjua et al. 2003, Matthews 2008).

In der Untersuchung von Ganss et al. (2009) wurde eine durchschnittliche Zahnputzkraft der Probanden von 2,3 N +/- 0,7 N gemessen. Die maximal verwendete Putzkraft lag bei 4,1 N. Sowohl für Kinder als auch Erwachsene wird in der Literatur eine Putzkraft von 2,94 N (300g) empfohlen, wenn diese eine Handzahnbürste benutzen (Hasegawa 1992, Van der Weijden et al. 1996, Ganss et al. 2009).

Verschiedene Studien befassen sich seit längerem mit der Frage, welchen Einfluss die Putzkraft auf eine effektive Plaque-Kontrolle hat. In der Literatur gibt es dazu viele Studien, welche die adäquate Anpresskraft einer Zahnbürste erforschen. Diese Studien reichen teilweise zurück bis in die 60er-Jahre (Fraleigh et al. 1967). Besonders die Arbeitsgruppe um Van der Weijden hat sich in der Vergangenheit mit umfangreichen Studien näher mit dieser Fragestellung auseinandergesetzt.
Van der Weijden et al. (1996) untersuchten dazu in einem ersten Teil der Studie die Plaquereduktion einer Handzahnbürste im Vergleich zu einer elektrischen Zahnbürste

(Braun/Oral-B Plak Control®). Dabei wurden unterschiedliche Kräfte von 100 g bis 300 g in 50 g-Intervallen beim Putzen verwendet (0,98 N- 2,94 N). Die Ergebnisse zeigten, dass mit beiden Zahnbürsten bei einer erhöhten Putzkraft auch eine höhere Plaquereduktion erreicht werden konnte. Bei einer Putzkraft von 2,94 N (300 g) zeigte sich die elektrische Zahnbürste in der Plaquereduktion effektiver als die Handzahnbürste.

Im zweiten Teil der Studie wurden die Probanden nach einer 24-stündigen Plaqueakkumulation gebeten, in ihrer gewohnten Putzkraft zu putzen. Dabei benutzten sie eine Hand- oder eine elektrische Zahnbürste. Es zeigte sich, dass mit einer Handzahnbürste durchschnittlich mehr Kraft vom Probanden aufgewendet wurde, als dies mit einer elektrischen Zahnbürste der Fall war. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer beim Putzen angewandten Kraft und einer dadurch erreichten Plaquereduktion konnte jedoch im Gegensatz zum ersten Teil der Studie nicht beobachtet werden.

Diesen Ansatz bestätigte auch eine spätere Studie Van der Weijdens et al. (1998), die sich mit der Relation der beim Zähneputzen aufgewendeten Kraft mit einer manuellen Zahnbürste und der Effektivität der Plaquereduktion während der gewohnten Mundhygienemaßnahmen befasste. 94 Probanden nahmen an dieser Studie teil. Die durchschnittliche individuelle Zahnputzkraft mit der die Probanden putzten betrug 3,23 N, obwohl auch hier wiederrum eine große Bandbreite der Putzkräfte bestand (1,39- 7,01 N).

Anhand der Studienergebnisse wurde eine optimale Zahnputzkraft von ca. 3,92 N für die verwendete Handzahnbürste (Mentadent®) empfohlen. Höhere Kräfte resultierten sogar in eine verminderte Plaquereduktion. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass sich sonst bei höheren Kräften die Bürstenfilamente zu sehr aufspreizen und dadurch deutlich ineffektiver reinigen würden.

In einer weiteren Studie konnte sogar gezeigt werden, dass beim Putzen mit Kräften von 3,43 N eine elektrische Zahnbürste sogar weniger effektiv reinigte (56%), als dies mit Putzkräften von 1,47 N der Fall war (60%) (Van der Weijden et al. 2004).

Die Autoren waren abschließend der Ansicht, dass eine effektive Plaque-Kontrolle bei der täglichen Mundhygiene nicht ausschließlich von einem bestimmten Putzdruck abhängt, sondern dass vielmehr andere Faktoren, wie etwa die Zahnbürstenbewegungen, die Größe des Zahnbürstenkopfes, die Zahnputzzeit und die manuelle Geschicklichkeit des Patienten dabei eine größere Rolle spielen (Van der Weijden et al. 1996, Van der Weijden et al. 1998, Van der Weijden et al. 2004).

Hasegawa et al. (1992) und McCracken et al. (2003) stützten in ihren Studien hingegen die ersten Ergebnisse Van der Weijdens, dass eine Erhöhung der Putzkraft auch einen signifikanten positiven Effekt auf die Plaquereduktion hat.
Hasegawa et al. (1992) zeigte, dass mit höheren Putzkraftintervallen von je 0,98 N auch eine höhere Plaquereduktion erreicht werden konnte.
McCracken et al. (2003) untersuchten in ihrer Cross-Over-Studie nicht nur die Auswirkung variierender Zahnputzkräfte auf die Plaquereduktion einer elektrischen Zahnbürste, sondern auch verschiedener Zahnputzzeiten. Ziel der Studie war es unter anderem, eine optimale Kombination aus Zahnputzkraft und –zeit bestimmen zu können.
Sowohl die Putzkräfte als auch die Putzzeiten hatten auch hier einen signifikanten Einfluss auf die allgemeine Plaquereduktion. Obwohl mit einer Putzkraft von 2,94 N im Allgemeinen mehr Plaque entfernt werden konnte, waren bei einer Putzzeit von 120 Sekunden Zahnputzkräfte über 1,47 N jedoch unbedeutend für eine bessere Plaque-Kontrolle.

2.2.4 Zahnputztechnik

Viele Patienten versäumen, bei der täglichen Mundhygiene eine effektive Plaque-Kontrolle durchzuführen. Gerade die approximalen Bereiche der Molaren und der Prämolaren sowie die der lingualen Flächen sind die Bereiche, die nach dem täglichen Zähneputzen am wenigsten gesäubert wurden (Straub 1998, Prasad et al. 2011).
Um alle Zahnflächen mit einer Zahnbürste erreichen zu können und dadurch eine gute Plaquereduktion zu gewährleisten, haben sich im Laufe der letzten Jahrzehnte neben der stetigen Weiterentwicklung von Zahnbürsten auch verschiedene Zahnputztechniken entwickelt. Die Einteilung dieser Techniken erfolgt in der Literatur anhand der dabei durchgeführten Bewegungen:
Roll-Bewegungen werden bei der „Roll-Methode“ und zusätzlich bei der „Modifizierten Stillman“-Methode durchgeführt, vibrierende Bewegungen bei der „Stillman“- und der „Bass“-Methode sowie zirkuläre Bewegungsmuster bei der „Fones“-Methode. Bei der „Leonard“-Methode, die auch bekannt ist als „Rot-Weiss“-Methode, werden dagegen vertikale Bewegungen durchgeführt und bei der sogenannten „Schrubb“-Methode wird die Zahnbürste horizontal hin und her bewegt (Jepsen 1998).

Welche von diesen Zahnputzmethoden dem Patienten empfohlen werden kann, hängt von dessen individuellen Gegebenheiten ab, wie z.B. den Bereichen der Plaquebesiedlung (Zahnhartsubstanz, Zahnzwischenraum, Weichteile) oder auch dem Zustand des marginalen Parodonts (Riethe 1994).

Die DGZMK empfiehlt ein zweimal tägliches Zähneputzen mit einer manuellen oder elektrischen Zahnbürste unter Verwendung der modifizierten Bass-Technik oder der Rotationsmethode für mindestens zwei Minuten (Schiffner 1995).
In einer Studie überprüften Ganss et al. (2009), ob diese Empfehlung auch bei der täglichen Zahnpflege von 103 uninstruierten Probanden umgesetzt wird. Es stellte sich heraus, dass „die meisten der Probanden (73.8%) mit zirkulären Bewegungsmustern, 8.7% mit horizontalen/schrubbenden, 13.6% mit horizontalen/zirkulären und 3.9% mit vertikalen Bewegungen putzten“. Dass Probanden bei der Zahnpflege die von Zahnärzten empfohlene modifizierte Bass-Methode verwendeten, konnte damals nicht in der Studie beobachtet werden (Ganss et al. 2009).
Die am häufigsten verwendete Zahnputzmethode von Patienten, die keinerlei Zahnputz-unterweisung erfahren haben, ist die horizontale Schrubb-Methode (Loe 2000). Da bei dieser Methode Gingivaverletzungen und keilförmige Defekte beobachtet wurden, ist diese Putztechnik aufgrund der noch nicht ausgeprägten manuellen Geschicklichkeit nur für Kinder im Alter bis zu 3 Jahren indiziert (Riethe 1994).
Die wohl am meisten von Zahnärzten in den letzten Jahren empfohlene Zahnputztechnik ist die Bass-Technik (Claydon 2008). Diese Zahnputztechnik ist sowohl für Patienten mit gesundem Parodont als auch in ihrer modifizierten Form für Gingivitis- und Parodontitispatienten sehr gut geeignet (Rateitschak et al. 1989, Riethe 1994)

Die Patienten haben sich meist über die Jahre individuelle Bewegungsmuster beim Zähneputzen angeeignet. Eine Studie von Poyato-Ferrera et al. (2003) verglich daher die supragingivale Plaquereduktion der herkömmlichen Putzmethode von 46 Probanden mit der in der Studie von den Probanden neu erlernten modifizierten Bass-Methode. Es konnte gezeigt werden, dass die modifizierte Bass-Technik der herkömmlichen Putzmethode überlegen war und eine bessere supragingivale Plaquereduktion ermöglichte. Besonders an den lingualen Zahnflächen war die modifizierte Bass-Technik zu 2,9-fach effektiver.
Robinson (1976) fand dagegen in einer früheren Studie an 311 Schülern keinen signifikanten Unterschied zwischen der Schrubb- und der Bass-Technik.

Auch Gibson und Wade (1977) verglichen in ihrer Studie die Bass- mit der Roll-Methode. 38 Zahnmedizinstudenten nahmen an der 8-wöchigen Crossover-Studie teil. Betrachtet man die Reinigungsleistung insgesamt, so konnte kein Unterschied in der Plaquereduktion zwischen den beiden Zahnputzmethoden beobachtet werden. Auch die Plaquereduktion an den approximalen, mesialen oder distalen Zahnflächen wiesen keine statistisch signifikanten Unterschiede auf. Einzig die an die Gingiva angrenzenden Zahnflächen der fazialen und lingualen Seite wurden durch die Bass-Technik besser gereinigt. Hier unterlag die Roll-Technik. Abschließend wurde zudem festgestellt, dass die Plaquereduktion durch Zahnbürste, Zahnpasta und der jeweiligen Zahnputztechnik insgesamt sehr unzufriedenstellend war. Lediglich 1,88- 5% der Plaque wurde damals durch das Zähneputzen unabhängig von der Zahnputztechnik entfernt. Dies führte zur Annahme, dass das Erlernen einer neuen Zahnputztechnik für den Patienten ein langwieriger Prozess ist und nicht durch eine einmalige und sich nach drei Wochen wiederholende Instruktion erreicht werden kann.

Welche Zahnputztechnik letzten Endes die beste Plaquereduktion erzielt, ist anhand der vorliegenden Studien schwer zu beurteilen, da teils erhebliche Unterschiede in den experimentellen Vorgängen bestehen. Viele Autoren vertreten in der Literatur den Standpunkt, dass keine der hier oben beschriebenen Zahnputzmethoden einer anderen überlegen ist (Robinson 1976, Jepsen 1998, Loe 2000, Davies et al. 2003). Es gibt derzeit wenige aktuelle Studien in der Literatur, die sich mit der Plaque-Kontrolle durch verschiedene Zahnputztechniken befassen.
Schon Frandsen (1986) war vor mehreren Jahrzehnten der Meinung, dass eine Verbesserung der Mundhygiene des Patienten nicht durch eine neue bessere und spezifischere Zahnputzmethode erreicht werden kann, sondern es soll vielmehr die bereits von dem Patienten angewendete Zahnputzmethode in ihrer Ausführung verbessert werden.

Abschließend lässt sich auch hier zusammenfassend sagen, dass eine adäquate Plaque-Kontrolle nicht von der einzig richtigen Zahnputztechnik abhängt, sondern vielmehr ein Konglomerat von verschiedenen sich beeinflussenden Faktoren darstellt. Denn die „Plaquefreiheit hängt nicht nur von der Zahnbürstenform, der Zahnpaste oder der Bürsttechnik ab. Im besonderen ist ein konsequentes, systematisches Vorgehen von Bedeutung, bei welchem alle Zahnflächen des Gebisses erfaßt werden.“ (Rateitschak et al. 1989).

3. Zielstellung

Das Ziel dieser vorliegenden klinischen Untersuchungen bestand darin, anhand des modifizierten Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011) herauszufinden, wie effektiv die Plaque-Kontrolle durch drei verschiedene Zahnputzmittel ist, die sich hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und ihres Abrasivitätsgrades unterscheiden. Aus der Zielsetzung wurden folgende Arbeitshypothesen gezogen:

1. Die hochabrasive Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening der Firma Procter& Gamble (Ohio, USA) mit einem RDA-Wert von 162 reinigt besonders gut aufgrund der durchgeführten Zahnbürstenbewegung und der in der Zahnpasta enthaltenen Abrasiva. Das Risiko von Abrasionen an der Zahnhartsubstanz ist dabei besonders hoch (negative Kontrolle).
2. Denttabs® (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH, Berlin-D) mit einem RDA-Wert von 35, also einem niedrigen Gehalt an Abrasiva, putzt fast ausschließlich durch die Bürstenaktion, ist deshalb genauso effektiv wie die hochabrasive Zahnpasta, vermeidet jedoch eine Abrasion der Zahnhartgewebe (positive Kontrolle).
3. Das Zahnputzgel Rheodol-Gel plus (ORMED- Institute for Oral Medicine at the University of Witten/Herdecke und Wachendorff-Chemie Troisdorf-D) reinigt die Zähne allein durch die Bürstaktion und erreicht dadurch Plaque-Kontrollwerte, die mit einer hochabrasiven Zahnpasta und Denttabs® klinisch vergleichbar sind (positive Kontrolle).

4. Material und Methode

Der Antrag für die Studie (Antragsnummer: 70/2014) wurde am 03.07.2014 durch die Ethik-Kommission der Universität Witten/Herdecke genehmigt. Ethische oder auch datenschutzrechtliche Bedenken bestanden nicht. Somit konnte die klinische Studie am 19.09.2014 beginnen. Als Aufwandsentschädigung erhielt jeder Proband einen Gutschein für eine kostenlose professionelle Zahnreinigung. Dieser konnte nach erfolgreicher Teilnahme in der Prüfeinrichtung eingelöst werden. Zusätzlich erhielten alle Probanden ein Denttabs®-Pflegeset, bestehend aus einer Dose Denttabs®-Zahnputztabletten und einer Denttabs®-Zahnbürste.

4.1 Auswahl der Probanden

4.1.1 Voraussetzungen zur Teilnahme

Jeder Proband musste nachfolgende Einschlusskriterien erfüllen, um an der Studie teilnehmen zu können:

1. Oraler Befund
   - Mindestens 20 natürliche zu bewertende Zähne
   - Keine orthodontischen Apparaturen
   - Kein herausnehmbarer Zahnersatz

2. Allgemeiner Gesundheitszustand
   - Keine systemischen Erkrankungen, die den oralen Befund beeinflussen könnten
   - Keine Gravidität
   - Keine Einnahme von Antibiotika in den letzten 28 Tagen

3. Sonstiges
   - Der Proband musste volljährig sein
   - Die Dokumente zur Einwilligung der Untersuchung und zur Datenschutz-bestimmungen mussten unterschrieben sein
   - Keine Teilnahme an einer anderen Studie innerhalb des letzten Monats

4.1.2 Ausschlusskriterien

Kriterien für den Ausschluss eines Probanden an der klinischen Studie waren folgende:

1. Oraler Befund

- Zähne mit nach vestibulär und oral groß ausgedehnten Füllungen
- Überkronte Zähne
- Zähne mit großen kariösen Läsionen

2. Sonstiges

- Bekannte Allergien gegen Inhaltsstoffe eines der Testprodukte
- Wenn der Proband die Dokumente für die Einwilligung und den Datenschutz nicht unterzeichnete, durfte er an der klinischen Studie nicht teilnehmen.
- Mangelnde Kooperationsbereitschaft
- Minderjährige Patienten
- Eine physische Beschränkung, die ein adäquates Zähneputzen verhindern würde

4.1.3 Probandenzahl

Um statistisch auswertbare Ergebnisse zu erreichen, wurde eine Probandenanzahl von 24 Studienteilnehmern analog zu anderen Plaque-Planimetrie-Untersuchungen festgelegt.

4.2 Probandenaufklärung

Jeder Proband wurde vor der Aufnahme in die klinische Studie umfassend über das Vorgehen informiert. Die Aufklärung erfolgte persönlich durch die Prüfärztin und schriftlich durch das zuvor ausgehändigte Informationsschreiben (siehe Anhang 10.2).

Erst nach Klärung aller Fragen des teilnehmenden Probanden wurde dieser gebeten zwei Exemplare der Einverständniserklärung (siehe Anhang 10.3) zu unterschreiben und eigenhändig zu datieren. Anschließend wurde ein Exemplar der Einverständniserklärung dem teilnehmenden Probanden ausgehändigt. Das zweite Exemplar wurde von der Prüfärztin aufbewahrt.

4.3 Studiendesign

Die klinischen Untersuchungen wurden anhand einer verblindeten, vergleichenden, randomisierten und monozentrischen Studie konzipiert. Zudem wurde ein Cross-over-Design gewählt. Jeder Proband putzte demnach im Abstand einer 14-tägigen Wash-out-Phase einmalig in der Untersuchungssitzung mit jedem der drei Zahnputzmittel seine Zähne.
Anschließend erfolgte die Untersuchung anhand der Bewertungsmethoden (siehe Abschnitt 4.4) durch die Prüfärztin. Die Zuteilung des jeweiligen Zahnputzmittels erfolgte anhand einer zuvor von der Statistikerin erstellten Randomisierungsliste (siehe Anhang 10.4).

4.3.1 Kalibrierung der Prüfärztin und der Probanden

Vor dem Beginn der Untersuchungsreihen erfolgte zunächst eine Kalibrierung der Prüfärztin durch das ORMED-Institut. Diese wurde anhand von intraoralen Probeaufnahmen eines Patienten der Praxis Dr. Birke durchgeführt. Dadurch konnte eine einheitliche und adäquate Aufnahmetechnik der intraoralen Fotos, sowie die anschließende korrekte Auswertung entsprechend den Bewertungsgraden gewährleistet werden.

Auch war eine Kalibrierung der Probanden nötig, da erwiesenermaßen nicht alle Patienten gleich effektiv ihre Zähne putzen (Slot et al. 2012). Die Putzzeit, Putztechnik und die Anpresskraft einer Zahnbürste sind daher sehr variable Bereiche innerhalb einer Probandengruppe. Um bei allen Probanden während der Untersuchungszyklen möglichst homogene Studienvoraussetzungen schaffen zu können, wurden sie aus diesem Grund sowohl auf eine einheitliche Putzzeit, Putztechnik als auch eine einheitliche Putzkraft von 3,43 N kalibriert.

Um eine Vereinheitlichung der Putztechnik innerhalb der Probanden zu gewährleisten, wurde ihnen ein eigens für die Studie produziertes Putzvideo vorgeführt, das sie während des Putzvorgangs in der Studiensitzung mit dem jeweiligen Zahnputzmittel zeitgleich zu befolgen hatten. In diesem Video wurden drei verschiedene Putztechniken an einem Zahnmodell in Echtzeit vorgeführt. Pro Situs (bukkal/palatinal bzw. lingual) eines Quadranten wurden folgende Putztechniken für je 5 Sekunden demonstriert:

Putztechnik 1: Horizontales Schrubben

Putztechnik 2: Rotatorische Putztechnik

Putztechnik 3: Vertikale Putztechnik (Abrollbewegung von gingival nach koronal)

Insgesamt kam somit eine Putzzeit von 120 Sekunden zustande und lag damit innerhalb der Vorgaben einer empfohlenen Zahnputzdauer von mindestens zwei Minuten.

In der ersten Untersuchungssitzung (Prophylaxesitzung) wurde jedem der Probanden einzeln die in der Studie anzuwendenden Putztechniken von der Prüfärztin erklärt. Als Einführung wurden ihnen dazu zunächst in einem ersten vorgeführten Einführungsvideo die drei Putztechniken vorgestellt und visualisiert. Anschließend wurde allen Probanden ein zweites Video gezeigt, dass das eigentliche Putzvideo der Studie darstellte. Um eine optimale Kalibrierung der Probanden gewährleisten zu können, wurde sowohl das Einführungsvideo als auch das eigentliche zweiminütige Putzvideo der Studie den Probanden in Form einer DVD mitgegeben. Somit konnten sich die Probanden auch Zuhause weiter mit der neuen Putzweise vertraut machen.

Zusätzlich zur Kalibrierung der Probanden auf eine einheitliche Putztechnik, fand in der ersten Untersuchungssitzung (Prophylaxesitzung) die Kalibrierung der Probanden auf eine später einheitliche Anpresskraft der Handzahnbürste von 3,43 N (350 g) statt, um auch hier einheitliche Studienvoraussetzungen schaffen zu können. Dazu diente ein Unterkiefer-Zahnmodell, das auf einer digitalen Waage befestigt war und dadurch dem Probanden die jeweilige Anpresskraft anzeigen konnte (Abb.4.1). Diese Kalibrierung wurde vor jeder Untersuchungssitzung wiederholt.

Abb. 4.1: Digitale Waage zur Kalibrierung auf eine Putzkraft von 3,43 N (350 g)

4.3.2 Three-day-plaque-regrowth

Für die planimetrische Auswertungsmethode und anschließenden Analyse der Plaque-reduktionsleistung der jeweiligen Zahnputzmittel musste zunächst eine adäquate Plaqueansammlung auf den zu untersuchenden Zahnoberflächen gewährleistet werden. Um gleiche Ausgangsbedingungen der Mundhygieneverhältnisse innerhalb der Probanden-gruppe schaffen zu können, erhielten zunächst alle Studienteilnehmer vor jedem der insgesamt drei Untersuchungszyklen eine professionelle Zahnreinigung in der Prüfeinrichtung.
Anschließend erfolgte in Anlehnung an Claydon und Addy (1995) eine 72-stündige Mundhygienekarenz (three-day-plaque-regrowth), in der der Proband weder Zahnbürste und Zahnpasta noch andere Zahnputzhilfsmittel wie Mundspüllösungen, Zahnseide, Zahnhölzer oder Interdentalbürsten benutzen durfte.

4.3.3 Testmaterialien

Um die Plaquereduktion des jeweiligen Zahnputzmittels besser beurteilen zu können, wurde stets die gleiche standarisierte Referenzhandzahnbürste der American Dental Association (Chicago, USA) während der Testphase vom Probanden verwendet. Dadurch sollte zum einen eine Angleichung der Testbedingungen erfolgen und zum anderen die unterschiedliche Plaquereduktionsleistung innerhalb der Gruppe der Zahnbürsten ausgeblendet werden.

Des Weiteren wurde pro Proband die gleiche Menge des jeweiligen Zahnputzmittels getestet, um auch hier einheitliche Studienvoraussetzungen schaffen zu können. Die Prüfärztin bestimmte vor Studienbeginn klinisch die laut Herstellerangaben empfohlene Stranglänge der Zahnpasta und des Zahnputzgels auf der Zahnbürste und kalibrierte sich auf diese definierte Stranglänge. Dadurch wurde gewährleistet, dass in jeder Testphase gleich viel Material verwendet wurde. Da Denttabs® nur in Tablettenform erhältlich sind, wurde pro Proband je eine Zahnputztablette (0,33 g) getestet.

4.4 Bewertungsmethoden

4.4.1 Plaqueindex

Die Beurteilung der jeweiligen Plaquereduktionsleistung der drei Zahnputzmittel wurde anhand des modifizierten planimetrischen Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011) beurteilt.

Dieser Index beurteilt das Vorhandensein von Plaque auf den oralen und vestibulären Glattflächen eines Zahnes. Dazu wird jede Glattfläche in neun zahnbezogene Felder eingeteilt (A- I). Pro Zahn entstehen somit 18 Felder.
Der Index ist sehr gut geeignet, um den Plaquebefall speziell der schwer zu reinigenden Bereiche des Zahnes, wie etwa des gingivalen Saumes (Felder ABC) und der approximalen Bereiche (Felder DF) klinisch präzise beurteilen zu können.
Als anatomische Bezugspunkte für diese Feldeinteilungen werden der gingivale Sulkus, der approximale Kontaktpunkt, die vertikale Mittellinie und der anatomische Zahnäquator verwendet (Abb.4.2).

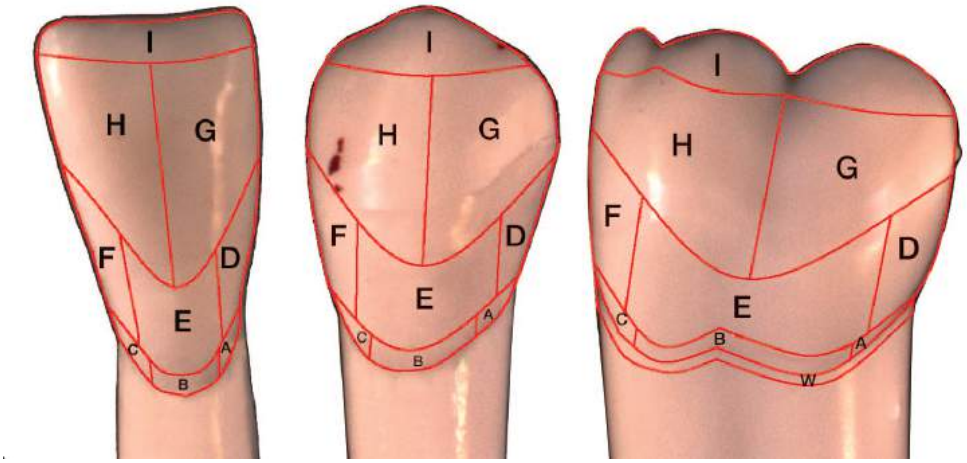


Abb. 4.2: Feldereinteilung A-I an Beispielzähnen (vestibulär), distal- mesial

Jedes Feld wurde anschließend individuell nach seinem Plaquebefall in folgende Grade eingeteilt:

Grad 0: Abwesenheit von Plaque
Grad 1: wenig Plaque (≤ 50 %)
Grad 2: viel Plaque (≥ 50 %)

Der Index wurde pro zu untersuchendem Zahnputzmittel jeweils zum Prebrush- als auch zum Postbrush- Zeitpunkt an allen zu bewertenden Zähnen erhoben.
Dazu wurden die zuvor angefärbten Plaque-Felder mit Hilfe von Mundspiegeln und einer Spiegelreflexkamera mit Makroobjektiv fotografisch dokumentiert und später außerhalb der Prüfeinrichtung durch die leitende Prüfärztin verblindet ausgewertet. Folgende Felder wurden hierbei erfasst:

- Oberkiefer bukkal: 108 Felder
- Oberkiefer palatinal: 108 Felder
- Unterkiefer bukkal: 108 Felder
- Unterkiefer lingual: 108 Felder

Insgesamt wurden somit 432 Felder pro Proband jeweils zum Prebrush- als auch zum Postbrush-Zeitpunkt pro Zahnputzmittel bewertet.
Als Optimum galt eine Anzahl von 24 zu bewertenden Zähnen, die zweiten und dritten Molaren wurden aufgrund etwaiger intraoraler fotografischer Schwierigkeiten und einer damit verbundenen Fehlerhaftigkeit der Indexauswertung nicht indexiert. Die Probanden konnten jedoch auch analog zu anderen Zahnputzmittelstudien weniger als 24 Zähne besitzen (Putt et al. 2008). Eine Mindestanzahl von 20 natürlichen Zähnen war jedoch gefordert (siehe Abschnitt 4.1.1 Voraussetzungen zur Teilnahme). Damit wurde eine Mindestanzahl von 360 zu bewertenden Zahnfeldern pro Untersuchungsdurchlauf erreicht und für die statistische Auswertung als detailliert genug bewertet.
Da eine klinische Befunderhebung des modifizierten Navy-Plaque-Index beim Probanden viel Zeit in Anspruch genommen hätte, konnte durch die indirekte Auswertungsmethode mittels intraoraler Planimetrie-Fotografie die Behandlungszeit deutlich verkürzt und die Auswertung verblindet werden.

4.5 Materialien

4.5.1 Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening

Die Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening der Firma Procter&Gamble (Ohio, USA) stellt nach den Vorgaben der American Dental Association (ADA, Chicago, USA) ein bereits in klinischen Studien erprobtes Produkt zur Plaquereduktion dar und trägt somit das ADA-Siegel.

Crest® Pro-Health Whitening soll laut Herstellerangaben bis zu 80% der Zahnverfärbungen entfernen und zudem neuen Verfärbungen vorbeugen. Den Empfehlungen auf der Verpackung zufolge sollen Erwachsene und Kinder ab 12 Jahren zweimal täglich für mindestens eine Minute lang ihre Zähne mit einer weichen Zahnbürste und einem 2,5 cm (=1-inch) langen Zahnpastastrang putzen. Zusätzliche Warnhinweise geben an, das Produkt bei Zahnempfindlichkeit nicht länger als vier Wochen zu benutzen.

Das enthaltende Zinn-Fluorid soll zum einen kariespräventiv wirken, zum anderen Gingivitis und Hypersensibilitäten von Zähnen vorbeugen und beseitigen.

Die Crest® Pro-Health Whitening ist auf dem amerikanischen Markt erhältlich. Die Zahnpasta besitzt jedoch laut Herstellerangaben die gleichen Inhaltsstoffe wie die auf dem europäischen Markt erhältliche Zahnpasta Oral-B blend-a-med Pro Expert® Gesundes Weiß (Procter&Gamble).

Die Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening mit einem RDA-Wert von 162 enthält folgende Inhaltsstoffe:

- Zinn-Fluorid 0.454% (0.16% w/v Fluorid Ione)
- Glyzerin
- hydriertes Silica
- Natriumhexametaphosphat
- Propylenglycol
- PEG-6
- Wasser
- Zinklaktase
- Trinatriumphosphat
- Geschmacksstoff
- Natriumlaurylsulfat
- Natriumgluconat
- Carrageenan
- Natriumsaccharin
- Polyethylen
- Xanthan
- Mica
- Titandioxid

Abb. 4.3: Verpackung Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening

Abb. 4.4: Zahnpastastrang Crest® Pro-Health Whitening

4.5.2 Denttabs®-Zahnputztablette

Die Denttabs®-Zahnputztablette (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH, Berlin-D) stellt eine bereits auf dem Markt etablierte Alternative zur herkömmlichen Zahnpasta dar. Eine hohe Fluoridwirkung wird durch die Darreichungsform als Tablette erreicht. Das Natriumfluorid aus der Tablette vermischt sich direkt mit dem Speichel und zerfällt anschließend in Na- und F-Ionen. Dadurch wird eine hohe Bioverfügbarkeit des Fluorids im Speichel erreicht. Durch einen reduzierten Putzkörperanteil von Silica (RDA: 35) werden zudem schonend Zahnbeläge entfernt. Die mikrokristalline Zellulose poliert zusätzlich die Zahnoberflächen, um eine spätere Plaque- und Zahnsteinanlagerungen zu erschweren.

Denttabs® werden zwischen den Zähnen zerkleinert, bis eine cremige Konsistenz entsteht. Anschließend sollen die Zähne wie gewohnt mit einer feuchten Zahnbürste geputzt werden. Die Denttabs®-Zahnputztabletten enthalten keine Konservierungsstoffe, Keimhemmer,

Bleichmittel oder zusätzliche Konsistenzgeber. Als Tensid findet man Natriumlaurylsulfat mit einem geringen Schaumbildungspotential. Der Fluoridanteil beträgt 4350 ppm in einer 0,33g Tablette, was 1450 ppm in einem Gramm Zahnpasta entspricht. Die Tablette ist 5 mm dick, weist einen Durchmesser von 9 mm auf und wiegt 0,33g. Denttabs®-Zahnputztabletten enthalten folgende Inhaltsstoffe:

- Mikrokristalline Zellulose
- Natriumhydrogencarbonat
- Silica
- Natriumlauroylglutamate
- Magnesiumstearat
- Minzaroma
- Natriumfluorid
- Steviosid
- Xanthan-Gum
- Ascorbinsäure
- Menthol
- Vitamin-C

Abb. 4.5: Verpackung Denttabs®

Abb. 4.6: Denttabs® in der Vergrößerung

4.5.3 Zahnputzgel Rheodol-Gel plus

Das Zahnputzgel Rheodol-Gel plus der Firma ORMED (Institute for Oral Medicine at the University of Witten/Herdecke und Wachendorff-Chemie Troisdorf-D) wurde für die Mundhygiene im ambulanten und stationären Pflegebereich entwickelt.

Das Zahnputzgel ist frei von Abrasiva und soll mit seinen biokompatiblen Inhaltsstoffen zum einen die Zähne vor Karies und Erosionen und zum anderen die Mundschleimhaut vor Austrocknung schützen. Auch soll es einen Schutz von Schleimhautwunden z.B. nach kieferchirurgischen Eingriffen und eine Förderung der Epithelisierung bewirken. Durch eine geringe Schaumbildung beim Zähneputzen soll es ideal für Patienten mit Schluck-

beschwerden sein. Auch für die Anwendung und professionelle Mundpflege von immungeschwächten Patienten wird es aufgrund seiner Zusammensetzung empfohlen. Dazu gehören zum Beispiel intensivmedizinsich versorgte Patienten, tracheotomierte Patienten oder auch Patienten mit Xerostomie aufgrund unterschiedlicher Ätiologie.

Das Zahnputzgel soll laut Herstellerangaben zweimal täglich in erbsengroßer Menge mit einer weichen Zahnbürste wie eine herkömmliche Zahnpasta verwendet werden.
Das Gel mit einem Fluoridanteil von 250 ppm besitzt einen pH-Wert von 5,5. Durch die Zugabe von Natriumbenzoat und Ascorbinsäure wird das Gel konserviert. Das Zahnputzgel Rheodol-Gel plus® enthält folgende Inhaltsstoffe:

- dest. Wasser
- Chitosan
- Natriumfluorid
- Natriumbenzoat
- Ascorbinsäure
- Glycerin
- Aloe Vera
- Komplexbildner
- Silberweidenextrakt
- Schwarzkümmelöl
- Calendula Mazerrat
- Myrrhe
- Verdicker auf Mikrozellulose-Basis

Abb. 4.7: Verpackung Rheodol-Gel plus

Abb. 4.7: Rheodol-Gel plus- Strang

4.5.4 ADA- Handzahnbürste

Um einheitliche Testbedingungen zu schaffen und die unterschiedliche Plaquereduktionsleistung innerhalb der Gruppe der Zahnbürsten ausblenden zu können, wurde für diese Studie eine von der American Dental Association (ADA, Chicago, USA) entwickelte Referenzzahnbürste verwendet. Diese fand in vielen Zahnbürstenstudien zuvor schon Verwendung und stellt eine Standardzahnbürste mit parallel angeordneten mittelharten Nylonfilamenten dar. Die Handzahnbürste besitzt zudem folgende Eigenschaften:

- Die Zahnbürste hat eine Gesamtlänge von 175 mm.
- Der Bürstengriff ist gerade.
- Das Bürstenfeld hat die Maße 31 mm x 12 mm.
- Pro Borstenreihe sind anfangs einmalig drei, danach vier Borstenbüschel angeordnet.
- Ein Borstenbüschel besteht aus 30 Nylon-Borsten.
- Die Borsten sind 11 mm lang.
- Das Borstenfeld ist plan.
- Die Nylonborsten sind parallel angeordnet („multi-tufted“).

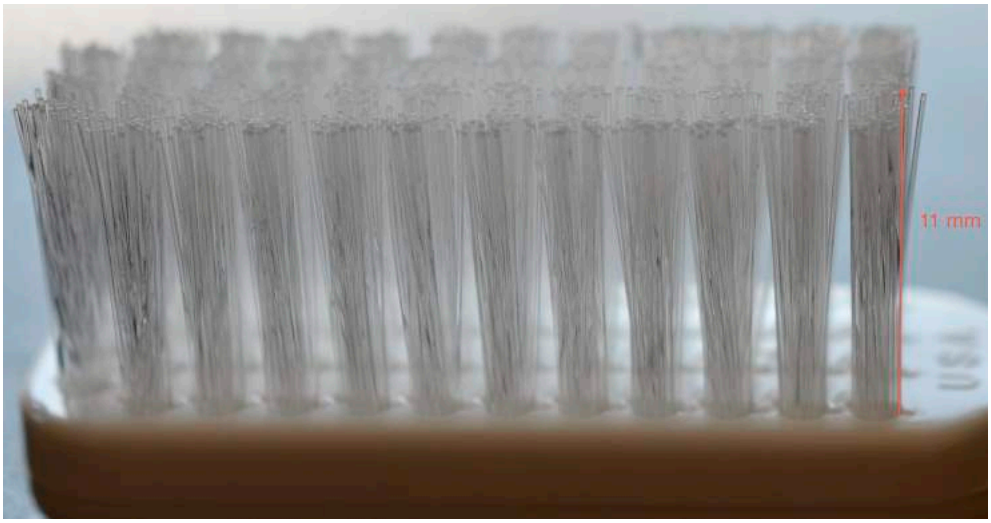


Abb. 4.8: ADA-Handzahnbürste: Vergrößerte Darstellung der Bestückung des Bürstenkopfes

Abb. 4.9: ADA-Handzahnbürste: Übersichtaufnahme

4.5.5 Plaquerevelator Mira-2-Ton® Plaque-Färbelösung

Der Plaquerevelator Mira-2-Ton® der Firma Hager&Werken GmbH färbt die Plaque auf den Zähnen durch eine enthaltende Mischung von Farbstoffen zweifarbig an. Dadurch lässt sich ältere Plaque (lila) von neu gebildeter Plaque (rosa) unterscheiden.

Neben den wasserlöslichen Farbstoffen C.I.42090 (Colour Index name: acid red 92) und C.I. 45410 (Colour Index name: acid blue 9) enthält die Lösung zudem gereinigtes Wasser, Natriumbenzoat und Kaliumsorbat. Die Lösung ist erythrosin-, menthol- und glutenfrei.

Abb. 4.10: Plaquerevelator Mira-2-Ton® Plaque-Färbelösung

4.6 Studienablauf

4.6.1 Studienprotokoll

Die Untersuchungen der drei verschiedenen Zahnputzmittel fanden getrennt voneinander statt. Als Prüfeinrichtung wurde die Zahnarztpraxis Dr. Birke in Bocholt gewählt.
Im Rahmen des Cross-Over-Designs der Studie durchlief jeder Proband insgesamt drei Untersuchungsabläufe. Jedes der drei Zahnputzmittel wurde durch ihn im Abstand einer 14-tägigen Wash-out-Phase getestet. Der Untersuchungsablauf war für jedes dieser Zahnputzmittel identisch. Alle Personen, die an der Studie teilnahmen, mussten vor Studienbeginn ein „Screening“ durchlaufen, d.h. sie mussten die zuvor festgelegten Einschlusskriterien erfüllen (siehe Abschnitt 4.1.1 Voraussetzungen zur Teilnahme).

Erster Termin

Um zu überprüfen, ob der Proband die Einschlusskriterien zur Studienteilnahme erfüllte wurde ein Anamnesebogen (siehe Anhang 10.1) von der Prüfärztin ausgefüllt. Wurden diese Kriterien erfüllt, musste der Proband anschließend sowohl die Einwilligung zur Studienteilnahme als auch die Datenschutzbestimmungen in doppelter Ausführung unterschreiben, um an der Studie teilnehmen zu können. Der Proband konnte jederzeit ohne Angabe von Gründen die Studie abbrechen.

Im Zusammenhang mit der Einwilligungserklärung erhielt jeder Proband eine Teilnehmer-nummer. Eine Prophylaxeassistentin trug anschließend den Probandennamen neben seine zugeteilte Probandennummer in eine Randomisierungsliste ein (Abb.4.11). Diese war zuvor von einer Statistikerin entworfen worden. Die Probandennummer legte für den Probanden anhand der Kombinationskennziffer die individuelle Reihenfolge der zu untersuchenden Zahnputzmittel fest. Die drei Zahnputzmittel erhielten zu Beginn der Studie dazu folgende Kombinationsnummern:

Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening	= Nr. 1
Denttabs®	= Nr. 2
Zahnputzgel Rheodol-Gel plus	= Nr. 3

Die vollständig mit Namen ausgefüllte Randomisierungsliste war von der Prüfärztin erst nach abgeschlossener Auswertung aller Zahnputzmittel der 22 Probanden einsehbar.

Kennziffer Kombination	Kombinationen			Proband	ZV fest
1	1	2	3	22	0,050
2	1	2	3	20	0,084
3	1	2	3	5	0,098
4	1	2	3	4	0,123
5	1	3	2	11	0,234
6	1	3	2	3	0,260
7	1	3	2	9	0,266
8	1	3	2	23	0,377
9	2	1	3	12	0,404
10	2	1	3	2	0,425

Abb. 4.11: Ausschnitt der Randomisierungsliste

Anschließend erhielt der Proband eine professionelle Zahnreinigung, die durch eine angestellte zahnmedizinische Prophylaxeassistentin in der Prüfeinrichtung durchgeführt wurde.

In der ersten Untersuchungssitzung wurde dem Probanden zusätzlich erstmalig das Zahnputzvideo vorgeführt und ihm anhand eines zweiten, sogenannten Einführungsvideos die drei verschiedenen Putztechniken durch die Prüfärztin erklärt. Außerdem fand die Kalibrierung des Probanden auf eine Putzkraft von 3,43 N statt.

Anschließend erfolgte eine 72-stündige Mundhygienekarenz (three-day-plaque-regrowth).

Zweiter Termin

Nach Ablauf von 72 Stunden Plaque-Akkumulation wurde die angezüchtete Plaque zunächst angefärbt, um so die Prebrush-Plaqueindexwerte ermitteln zu können. Dazu wurden die zuvor mit dem Luftbläser getrockneten Zähne mit einem in Mira-2-Ton® (Hager & Werken, Duisburg-D) getränkten Schaumstoffpellet vorsichtig betupft. Über 24 Stunden bestehende Plaque wurde dabei lila, neuere Plaque rosa eingefärbt. Um die Plaquebesiedlung dokumentieren zu können, wurde anschließend die intraorale Planimetrie-Fotografie zum Prebrush-Zeitpunkt durchgeführt.

Die Reihenfolge der von dem Probanden anschließend zu testenden Zahnputzmittel wurde von der Randomisierungsliste festgelegt. Um die Verblindung der Zahnputzmittel bei der Auswertung garantieren zu können, wurde dem Probanden das jeweilige Zahnputzmittel durch die Prophylaxeassistentin ausgehändigt, nachdem die Prüfärztin zuvor die drei Zahnputzmittel und Zahnbürsten in einem Nachbarraum fertig präpariert bereitgestellt hatte.

Abb. 4.12: Putzstation

Nachdem der Proband sich mit Hilfe der digitalen Waage erneut auf die 3,43 N Putzkraft kalibriert hatte, putzte er anschließend anhand des ihm in Echtzeit vorgeführten Videos (insgesamt 120 Sekunden), ohne Spiegel und supervidiert durch die Prüfärztin seine Zähne an der Putzstation (Abb.4.12). Dazu verwendete er für jeden der drei Testläufe das ihm zugeteilte Zahnputzmittel und stets die gleiche Handzahnbürste. Für jeden Testlauf wurde dem Probanden eine neu verpackte ADA- Handzahnbürste ausgehändigt.

Nach erneutem Anfärben der nach dem Putzvorgang noch verbliebenden Plaque, wurde die planimetrische Fotodokumentation zum Postbrush-Zeitpunkt durchgeführt. Die Fotos wurden anschließend außerhalb der Prüfeinrichtung durch die Prüfärztin verblindet ausgewertet.

4.6.2 Zusammenfassung Studienablauf

Tag 1: 1. Untersuchungssitzung (1. Testlauf)

- „Screening“ des Probanden, ob dieser die Einschlusskriterien (siehe Abschnitt 4.1) zur Studienteilnahme erfüllt
- Ausgabe der Einwilligungs- und Datenschutzerklärung
- Professionelle Zahnreinigung in der Prüfeinrichtung
- 72-stündige Mundhygienekarenz

Tag 3: 2. Untersuchungssitzung

- Intraorale Planimetrie-Fotografie nach Plaque-Revelation zum Prebrush-Zeitpunkt
- Supervidiertes Putzen (120 Sekunden) des Probanden mit **Zahnputzmittel Nr. 1**
- Erneute Plaque-Revelation nach dem Putzen (Postbrush-Zeitpunkt) und nochmalige intraorale Planimetrie- Fotografie
- Sich anschließende 14-tägige Washout-Phase, der Patient betreibt seine gewohnte regelmäßige Mundhygiene

Tag 18: 3. Untersuchungssitzung (2. Testlauf)

- Professionelle Zahnreinigung in der Prüfeinrichtung
- 72-stündige Mundhygienekarenz

Tag 21: 4. Untersuchungssitzung

- Intraorale Planimetrie-Fotografie nach Plaque-Revelation zum Prebrush-Zeitpunkt
- Supervidiertes Putzen (120 Sekunden) des Probanden mit **Zahnputzmittel Nr. 2**
- Erneute Plaque-Revelation nach dem Putzen (Postbrush-Zeitpunkt) und nochmalige intraorale Planimetrie-Fotografie
- Sich anschließende 14-tägige Washout-Phase, der Patient betreibt seine gewohnte regelmäßige Mundhygiene

Tag 36: 5. Untersuchungssitzung (3. Testlauf)

- Professionelle Zahnreinigung in der Prüfeinrichtung
- 72-stündige Mundhygienekarenz

Tag 39: 6. Untersuchungssitzung

- Intraorale Planimetrie-Fotografie nach Plaque-Revelation zum Prebrush-Zeitpunkt
- Supervidiertes Putzen (120 Sekunden) des Probanden mit dem letzten der drei Zahnputzmittel, **Zahnputzmittel Nr. 3**
- Erneute Plaque-Revelation nach dem Putzen (Postbrush-Zeitpunkt) und nochmalige intraorale Planimetrie-Fotografie

4.6.3 Dokumentation

Die intraorale Planimetrie-Fotografie erfolgte mit einer Nikon D5100 Spiegelreflexkamera und einem Sigma 105 mm 1:2,8D Makroobjektiv. Für eine bessere intraorale Beleuchtung wurde zusätzlich ein Ringblitz der Firma Nikon Macro Speedlight SB-29 verwendet.

Bei der Fotodokumentation assistierte eine zahnmedizinische Fachangestellte der Praxis Dr. Birke mit Hilfe eines Wangen- und Lippenexpanders Spandex® und einem einseitigen Retraktor Mirahold® beide von der Firma Hager&Werken. Zusätzlich wurden die Fotos mittels rhodiumbeschichteter Intraoralspiegel der Firma Doctorseyes® angefertigt.

4.6.4 Auswertung der Fotostaten

Die Auswertung der Fotodentalstaten fand verblindet durch die Prüfärztin außerhalb der Prüfeinrichtung statt. Zunächst wurden die digitalen intraoralen Fotos mit Hilfe eines Apple MacBook Pro-Laptops entspiegelt. Anschließend wurden diese bearbeiteten digitalen Fotos für die Entwicklung freigegeben. Als weitere vorbereitende Maßnahme vor der Auswertung wurde der modifizierte Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) den anatomischen Bezugspunkten entsprechend (Abb.4.14) manuell auf die entwickelten Fotos gezeichnet, sodass eine korrekte Auswertung entsprechend den Graden der Plaquebesiedlung in den Indexfeldern gewährleistet werden konnte.

Abb. 4.13: Entwickeltes intraorales Foto

Abb. 4.14: Intraorales Foto mit eingezeichneter Plaqueindex-Feldeinteilung

Die Eintragung der Befunde erfolgte pro Zahn und pro Plaqueindexfeld anhand der Bewertungsgrade nach Lang et al. (2011) (siehe Abschnitt 4.4 Bewertungsmethoden) in einer zuvor entworfenen Excel-Tabelle (Abb.4.16) entsprechend folgendem Muster (Abb.4.15):

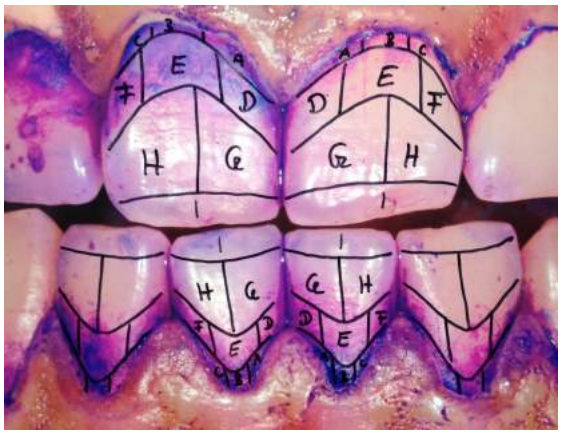


Abb. 4.15: Mustereinzeichnung der Plaqueindexfelder mit dazugehöriger Felderbezeichnung

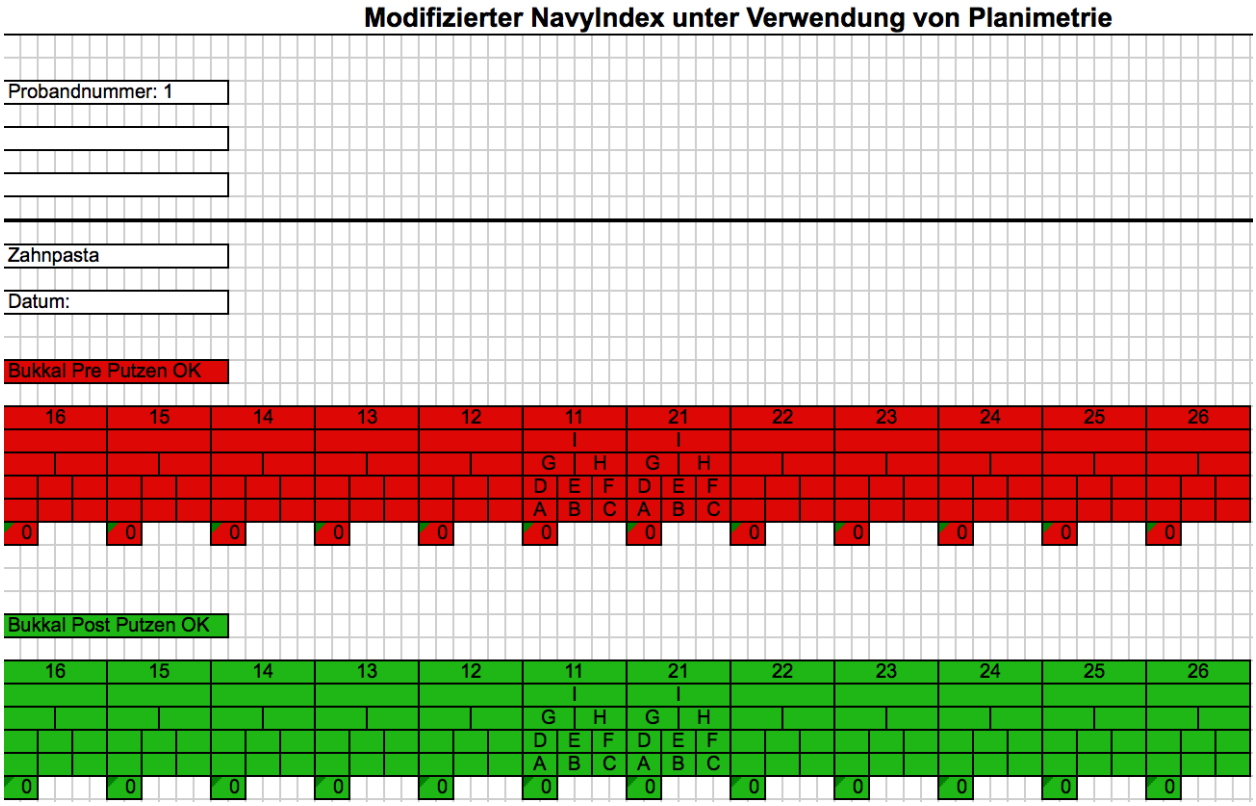


Abb. 4.16: Auszug der Excel-Tabelle für die Auswertung eines Fotostatus am Beispiel der bukkalen Felder des Oberkiefers und beispielhafte Felderzuordnung für die ermittelten Plaqueindexgrade der Zähne 11 und 21

4.7 Statistische Auswertung

An der klinischen Untersuchung nahmen 24 Probanden teil (14 Frauen und 10 Männern). Sie bestand aus drei Durchläufen, in denen aufgrund der erfolgten Randomisierung immer eines der drei Zahnputzmittel in unterschiedlicher Reihenfolge pro Proband untersucht wurde. Von den 24 Teilnehmern der Studie nahm ein Proband am Durchlauf 2 und 3 nicht

mehr teil. Ein weiterer Proband zeigte bereits klinisch vor dem Putzen sehr niedrige Plaqueausgangswerte. Ein Test auf Ausreißer bestätigte für diesen Probanden einen sehr niedrigen Plaquebefall, insbesondere für den bukkalen Bereich. Beide Probanden wurden als Konsequenz aus der Datenbasis entfernt. Insgesamt ergab sich mit 22 teilnehmenden Probanden somit ein Stichprobenumfang von n=22 (13 Frauen und 9 Männern).

Zur Beurteilung der Reinigungsleistung durch die drei Zahnputzmittel wurden die Plaqueindexwerte zum Prebrush- als auch zum Postbrush-Zeitpunkt nach der dreitägigen Mundhygienekarenz pro Zahnputzmittel nach fotografischer Dokumentation erhoben. Es gab somit für alle drei Zahnputzmittel-Testläufe insgesamt sechs Messreihen pro Proband.
Die Auswertung des Plaqueindex erfolgte an den Zähnen 16 bis 26 des Oberkiefers und den Zähnen 46 bis 36 des Unterkiefers. Die Studie umfasste somit insgesamt maximal 24 Zähne pro Proband. Eine Mindestanzahl von 20 Zähnen wurde vorausgesetzt. Da die Probanden selten weniger als sechs Zähne pro Quadrant aufwiesen, variierte der Stichprobenumfang. Dementsprechend verringerte sich auch dadurch der Stichprobenumfang in der jeweiligen Analyse.

Bei der Bewertung entstanden pro Zahn durch den verwendeten Plaqueindex sowohl vestibulär als auch oral je neun zahnfelderbezogene Werte (Felder A- I). Jedes Feld wurde vor und nach dem Putzen nach seinem Plaquebefall beurteilt und anschließend einem der Plaqueindexgrade (0-2) zugeordnet. Für jeden Proband wurden somit pro Zahnputzmittel 432 Zahnfelder jeweils vor und nach dem Putzen bewertet. Entsprechend der oben aufgezeigten Definition der Ausprägungen (siehe Abschnitt 3.4.5. Plaqueindex) handelt es sich bei dem verwendeten Plaqueindex um eine ordinalskalierte Variable.

Die Analyse der Plaquewerte erfolgte anschließend pro Zahnputzmittel für bestimmte Teilbereiche von Zähnen (Oberkiefer bukkal/palatinal, Unterkiefer bukkal/lingual). Es ergab sich somit bei 22 Probanden ein maximaler Stichprobenumfang für die Untersuchung eines gesamten Bereiches von n=2376. Zusätzlich wurden innerhalb dieser Zahnbereiche die Plaquewerte für bestimmte Zahnfeldergruppen ausgewertet, wie zum Beispiel für alle Zahnfelder der Approximalbereiche (DF).
Die prozentuale und absolute Verteilung der drei Plaqueindexgrade (0/1/2) zum Prebrush- und Postbrush-Zeitpunkt wurde anschließend grafisch und tabellarisch für jeden dieser Teilbereiche sowie für die untersuchten Zahnfeldergruppen pro Zahnputzmittel dargestellt.

Anschließend erfolgte die gegenüberstellende Analyse der erreichten Plaquereduktion Δ PI aller drei Zahnputzmittel für entsprechende Teilbereiche und die Risikozahnfeldergruppen. Als Δ PI wurden alle Konstellationen angesehen, welche eine Reduktion des Plaqueindex (PI) nach dem Zahnputzvorgang (Post) im Vergleich zu vorher (Pre) erzielten (PI(Pre)- PI (Post)).

Bei dem Vergleich der erreichten Plaquereduktion vor und nach der Anwendung des jeweiligen Zahnputzmittels kamen einseitige Tests, bei dem Vergleich der Zahnputzmittel untereinander zweiseitige Tests zur Anwendung.
Ein Plausibilitätstest identifizierte zuvor Zahnfelder innerhalb der Basisdatenreihen, bei denen PI(pre)<PI(post) vorlag. Der Plaqueindex zum Prebrush und Postbrush-Zeitpunkt des jeweiligen identifizierten Zahnfeldes wurde nochmals anhand der Fotos überprüft, gegebenenfalls korrigiert oder aus der Datenreihe entfernt.

Die Tatsache, dass es sich bei dem Plaqueindex aufgrund seiner Definition um eine ordinalskalierte Variable handelt, musste bei den verwendeten Tests berücksichtigt werden.
Die Basisdatenreihen wurden zunächst einem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben unterzogen. Dieser verteilungsfreie Test setzt lediglich eine Ordinalskalierung der untersuchten Datenreihen voraus und überprüft, ob eine signifikante Abweichung der beiden untersuchten Untergruppen (Plaqueindexwert vor und nach Anwendung eines Zahnputzmittels) hinsichtlich ihrer zentralen Tendenzen vorliegt.

Es wurde der Annahme gefolgt, dass es sich bei den Messwerten um intervallskalierte Datenreihen handelt. Der t-Test konnte somit zusätzlich die Hypothesen bezüglich der Unterschiede zweier Mittelwerte überprüfen. Da der Stichprobenumfang in den untersuchten Untergruppen gleich waren, kann der Standard-t-Test abschließend als geeigneter Test für den Vergleich von Mittelwerten angesehen werden.

Das Signifikanzniveau für beide Tests lag bei p=0,05. Sowohl das Ergebnis des Wilcoxon- als auch des t-Tests war die Bereitwilligkeit die Nullhypothese der Gleichheit der Mittelwerte bzw. der Mediane abzulehnen, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit weniger als 5% betrug. Der Unterschied in den zentralen Tendenzen der untersuchten Variablen wurde dann als „signifikant“ bewertet.

5. Ergebnisse

Im Folgenden werden die klinisch mittels Planimetrie erhobenen Plaqueindexwerte für die untersuchten Zahnputzmittel Zahnpasta, Denttabs® und dem Zahnputzgel pro Situs für je Ober-und Unterkiefer zunächst separat analysiert. In Abschnitt 5.4 erfolgt anschließend ein direkter Vergleich der erreichten Reinigungseffizienz aller drei untersuchten Produkte.

5.1 Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening

5.1.1 Bukkaler Situs der Oberkieferzähne

Die Abbildung 5.1 zeigt, dass es nach dem zweiminütigen Putzvorgang unter Verwendung von Zahnpasta als Zahnputzmittel zu einer sehr deutlichen Lageverschiebung der Verteilung der Plaqueindexgrade kommt. Die Risikozahnfelder (ABCDF) weisen im Vergleich zu den gesamten Zahnfeldern (A-I) zum Prebrush-Zeitpunkt (Pre) im bukkalen Situs der Oberkieferzähne einen anteilig höheren prozentualen Plaqueindexgrad von 2 auf. Dies trifft auch besonders auf die Risikozahnfelder ABC entlang des Gingivalsaumes zu, welche zum Prebrush-Zeitpunkt mit über 80 Prozent den anteilig höchsten prozentualen Plaqueindex-grad von 2 aufweisen.

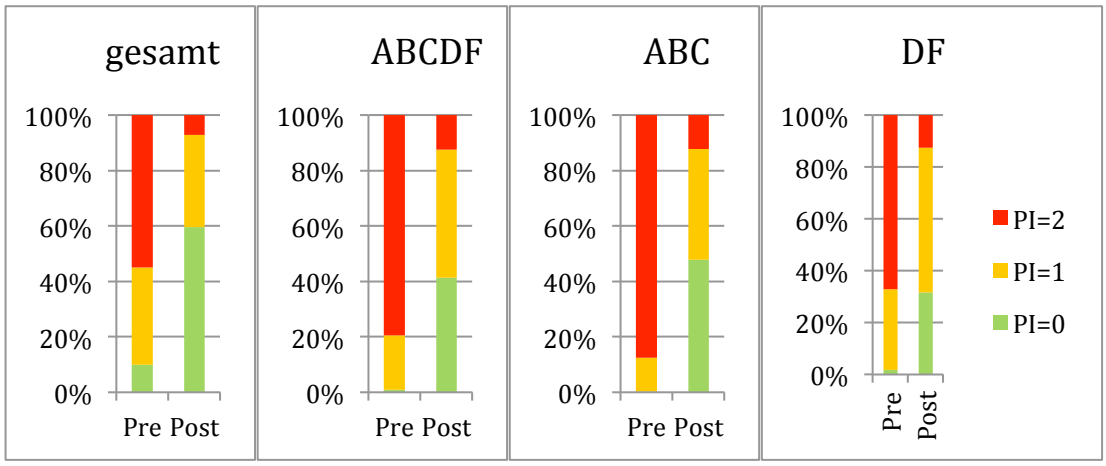


Abbildung 5.1: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Zahnpasta, berechnet für den bukkalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2). Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta. Ausgewertet für die gesamten bukkalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt. Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.1(a).

Tabelle 5.1(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Zahnpasta sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den bukkalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
absolut								
PI=0	218	1321	11	507	2	352	9	155
PI=1	777	736	242	570	90	296	152	274
PI=2	1218	156	976	152	646	90	330	62
Summe	2213	2213	1229	1229	738	738	491	491
prozentual								
PI=0	9,85	59,69	0,90	41,25	0,27	47,70	1,83	31,57
PI=1	35,11	33,26	19,69	46,38	12,20	40,11	30,96	55,80
PI=2	55,04	7,05	79,41	12,37	87,53	12,20	67,21	12,63
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	74,42		80,81		82,93		71,47	

Die Lageverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Zahnpasta in Abbildung 5.1 bestätigt die Tabelle 5.1(a), welche die Zahlen zu diesem grafischen Befund liefert. Vor der Reinigung mit Zahnpasta sind lediglich 9,85 Prozent der gesamten Zahnfelder (A-I) frei von Plaque. Nach der Reinigung sind es 59,69 Prozent. Der prozentuale Anteil des höchsten Plaqueindex von Grad 2 sinkt dabei von 55,04 Prozent auf 7,05 Prozent. Im Bereich des Gingivalsaumes (ABC) werden durch die Anwendung von Zahnpasta fast die Hälfte der Felder gänzlich von Plaque gereinigt (PI=0). Die Reinigungsleistung für den gesamten bukkalen Situs der Oberkieferzähne beläuft sich auf 74,42 Prozent.

Tabelle 5.1(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch Zahnpasta für den bukkalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.1(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des bukkalen Situs des Oberkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
Mittelwert	1,45	0,47	1,79	0,71	1,87	0,64	1,65	0,81
t-Wert	50,35		47,07		43,40		22,82	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	2	0	2	1	2	1	2	1
W-Wert	37,83		32,09		26,96		17,19	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

Nach der Anwendung von Zahnpasta im bukkalen Situs des Oberkiefers kommt es zu einer signifikanten Reinigungswirkung in diesem Bereich. Dies bestätigen die Ergebnisse der Signifikanztests in Tab.5.1(b). Für den gesamten Situs verringert sich der Plaqueindex von durchschnittlich PI(pre)=1,45 vor der Anwendung von Zahnpasta auf einen Mittelwert von PI(post)=0,47, welches einer Verringerung der Plaque um etwa einen Indexpunkt entspricht. Die Unterschiede zwischen den Plaque-Indizes vor und nach der Reinigung sind so hoch, dass bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 Prozent ausgeschlossen werden kann, dass es sich um zufällig entstandene Veränderungen handelt.

5.1.2 Palatinaler Situs der Oberkieferzähne

Die Verteilung der drei Plaqueindexgrade vor der Reinigung der palatinalen Zahnflächen mit Zahnpasta im Bereich des Oberkiefers liegt, mit Ausnahme der Zahnfelder ABC, zu Gunsten eines Grades von 1. Lediglich die Felder ABC weisen auch hier wieder mit einem prozentualen Anteil von über der Hälfte der Zahnfelder einen PI von 2 auf. Vergleicht man die Verteilung der Plaqueindexgrade im Bereich der approximalen Zahnfelder DF zum Pre- und Postbrush-Zeitpunkt, so lässt sich anhand der Abbildung 5.2 keine große Lageverteilung der PI-Grade feststellen.

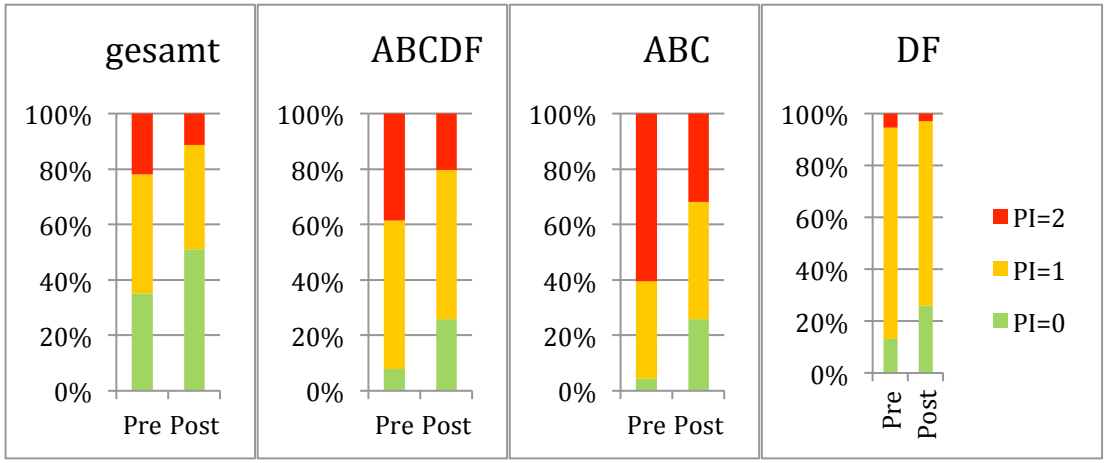


Abbildung 5.2: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Zahnpasta, berechnet für den palatinalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta. Ausgewertet für die gesamten palatinalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt.
Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.2(a).

Im palatinalen Bereich der Oberkieferzähne sind nach der dreitägigen Plaqueakkumulation zum Prebrush-Zeitpunkt im Durchschnitt immer noch 35,16 Prozent der Zahnfelder frei von Plaque (Tab. 5.2(a)). Während im bukkalen Bereich zudem mehr als 50 Prozent der Zahnfelder einen Plaqueindex von PI=2 aufwiesen, liegt dieser Wert im palatinalen Bereich bei 21,86 Prozent. Demnach ist die Plaqueausgangsbelastung hier deutlich geringer als im Vergleich zum bukkalen Situs. Die Reinigungsleistung ist im Bereich der Zahnfelder ABC mit 40,90 Prozent am größten. Für den gesamten palatinalen Bereich des Oberkiefers ist bei 23,30 Prozent der untersuchten Zahnfelder ein Reinigungseffekt feststellbar. Die Reinigungsleistung ist auch hier in allen Abgrenzungen hochsignifikant.

Tabelle 5.2(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Zahnpasta sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den palatinalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des palatinalen Situs der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
absolut								
PI=0	777	1130	97	318	32	190	65	128
PI=1	950	829	658	660	259	312	399	348
PI=2	483	251	472	249	445	234	27	15
Summe	2210	2210	1227	1227	736	736	491	491
prozentual								
PI=0	35,16	51,13	7,91	25,92	4,35	25,82	13,24	26,07
PI=1	42,99	37,51	53,63	53,79	35,19	42,39	81,26	70,88
PI=2	21,86	11,36	38,47	20,29	60,46	31,79	5,50	3,05
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	23,30		30,29		40,90		15,07	

Tabelle 5.2(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch Zahnpasta für den palatinalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s.Tab.5.2(a).Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des palatinalen Situs des Oberkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Mittelwert	0,87	0,60	1,31	0,94	1,56	1,06	0,92	0,77
t-Wert	12,32		13,91		14,28		5,22	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	1	0	1	1	2	1	1	1
W-Wert	11,10		11,93		11,93		3,86	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.1.3 Bukkaler Situs der Unterkieferzähne

Sowohl die Pre- als auch die Postbrush-Werte sind für den bukkalen Bereich des Unterkiefers denen für den Oberkiefer recht ähnlich (s.Abb.5.3). Der Anteil an Zahnfeldern, die in der Gesamtbetrachtung bereits vor der Anwendung von Zahnpasta frei von Plaque sind, ist hier jedoch etwa 5 Prozent höher als im Oberkiefer (s.Tab.5.3(a)). Im Risikozahnbereich finden sich auch im Unterkiefer fast keine Zahnfelder, die vor der Anwendung von Zahnpasta frei von Plaque sind. Die Reinigungsleistung ist für alle untersuchten bukkalen Zahnbereiche des Unterkiefers hochsignifikant (s.Tab.5.3(b)) und ist im Bereich des Gingivalsaumes mit 79,87% am höchsten (s.Tab.5.3(a)).

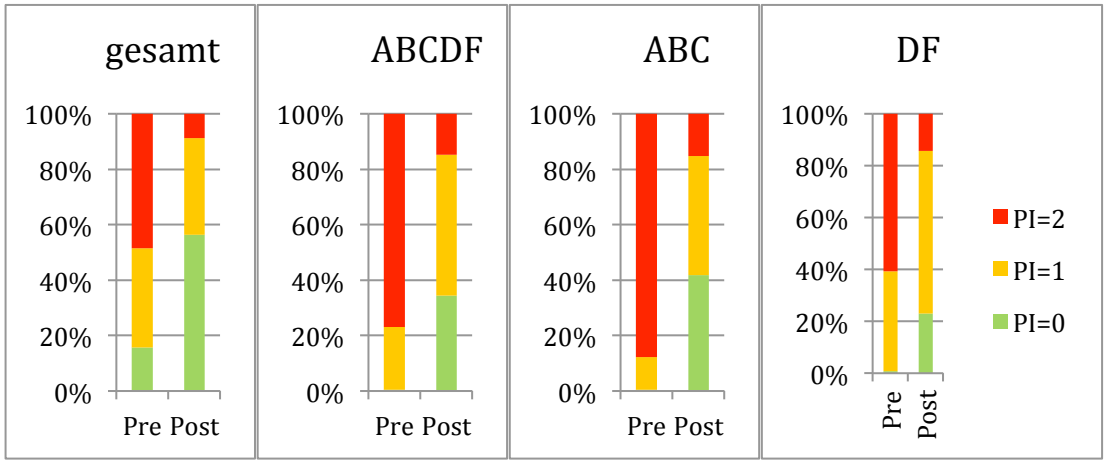


Abbildung 5.3: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Zahnpasta, berechnet für den bukkalen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta. Ausgewertet für die gesamten bukkalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt.
Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.3(a).

Tabelle 5.3(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Zahnpasta sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den bukkalen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
absolut								
PI=0	355	1265	7	429	3	314	4	115
PI=1	801	788	281	636	88	322	193	314
PI=2	1093	196	962	185	659	114	303	71
Summe	2249	2249	1250	1250	750	750	500	500
prozentual								
PI=0	15,78	56,25	0,56	34,32	0,40	41,87	0,80	23,00
PI=1	35,62	35,04	22,48	50,88	11,73	42,93	38,60	62,80
PI=2	48,60	8,71	76,96	14,80	87,87	15,20	60,60	14,20
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	63,49		75,50		79,87		58,80	

Tabelle 5.3(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch Zahnpasta für den bukkalen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.3(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des bukkalen Situs des Unterkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Mittelwert	1,33	0,52	1,76	0,80	1,87	0,73	1,60	0,91
t-Wert	38,88		42,22		39,76		19,45	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	1	0	2	1	2	1	2	1
W-Wert	31,58		30,13		25,95		14,99	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.1.4 Lingualer Situs der Unterkieferzähne

Die anfängliche Plaquebelastung liegt für den lingualen Bereich des Unterkiefers mit durchschnittlich PI(pre)=1,17 Indexpunkten zwischen den Werten für die anderen Bereiche (s.Tab.5.4(b)). Nach der Anwendung von Zahnpasta verringern sich der Plaqueindexgrade auf einen Mittelwert von PI(post)=0,66. Ein ähnlicher durchschnittlicher Plaqueindexgrad von PI(post)=0,60 zum Postbrush-Zeitpunkt wird auch im palatinalen Bereich des Oberkiefers nach der Reinigung mit Zahnpasta erreicht, wobei dort jedoch eine geringere Plaqueausgangsbelastung festzustellen ist als im Vergleich zum lingualen Situs des Unterkiefers.

Während im bukkalen Bereich des Unterkiefers der Gingivalsaum (ABC) am besten gereinigt wird und es dabei zu einer Plaquereduktion von PI(pre)=1,87 auf PI(post)=0,73 kommt, vermindert die Reinigung mit Zahnpasta im lingualen Bereich die Plaquebelastung lediglich von PI(pre)=1,79 auf PI(post)=1,03. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1 Prozent ist dennoch auch diese Reinigungsleistung hochsignifikant.

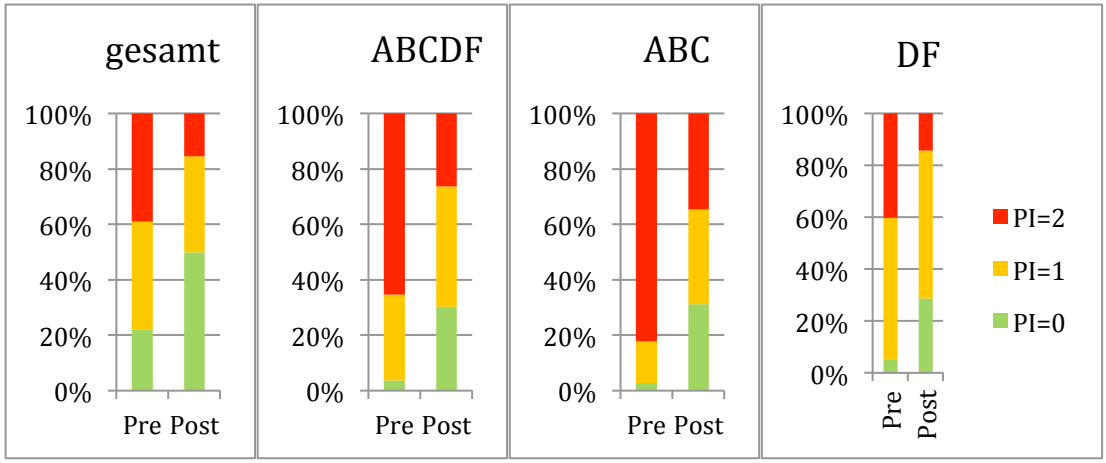


Abbildung 5.4: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Zahnpasta, berechnet für den lingualen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta. Ausgewertet für die gesamten lingualen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt. Anzahl Beobachtungen: siehe Tabelle 5.4(a).

Tabelle 5.4(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Zahnpasta sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den lingualen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des lingualen Situs der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
absolut								
PI=0	482	1093	46	368	20	229	26	139
PI=1	853	759	375	528	110	250	265	278
PI=2	856	339	797	322	602	253	195	69
Summe	2191	2191	1218	1218	732	732	486	486
prozentual								
PI=0	22,00	49,89	3,78	30,21	2,73	31,28	5,35	28,60
PI=1	38,93	34,64	30,79	43,35	15,03	34,15	54,53	57,20
PI=2	39,07	15,47	65,44	26,44	82,24	34,56	40,12	14,20
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	42,54		48,64		56,28		42,18	

Tabelle 5.4(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch Zahnpasta für den lingualen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.4(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung von Zahnpasta jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des lingualen Situs des Unterkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)= ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Mittelwert	1,17	0,66	1,62	0,96	1,79	1,03	1,35	0,86
t-Wert	22,80		24,38		22,03		12,58	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	1	1	2	1	2	1	1	1
W-Wert	20,29		19,94		17,04		10,38	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.2 Denttabs®-Zahnputztablette

Im Folgenden werden die Ergebnisse für das Zahnputzmittel Denttabs® dargestellt. Die Analyse innerhalb der verschiedenen Zahnbereiche, getrennt für den Ober-und Unterkiefer, erfolgt analog zum Unterkapitel 5.1.

5.2.1 Bukkaler Situs der Oberkieferzähne

Durch die Anwendung von Denttabs® konnte im gesamten bukkalen Bereich der Oberkieferzähne eine durchschnittliche Plaquereduktion von fast einem Indexpunkt (PI(pre)=1,45; PI(post)=0,46) erreicht werden (s.Tab.5.5(b)). Für alle vier untersuchten Bereiche war diese hochsignifikant. Die Reinigungsleistung lag zwischen 70,12% und 89,27% und war auch hier bei den Zahnfeldern des Gingivalsaumes (ABC) am höchsten (s.Tab.5.5(a)).

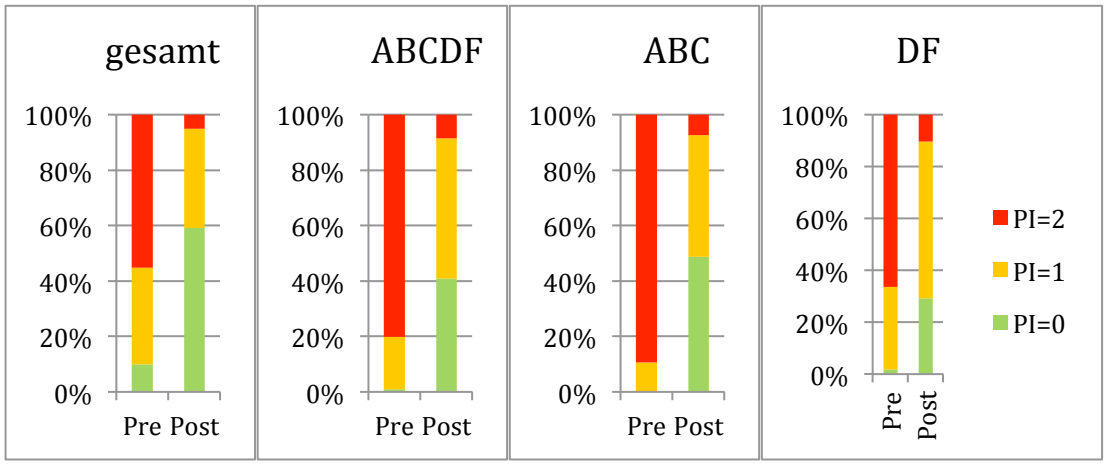


Abbildung 5.5: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Denttabs®, berechnet für den bukkalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Denttabs®. Ausgewertet für die gesamten bukkalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt. Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.5(a).

Tabelle 5.5(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Denttabs® sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den bukkalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Denttabs® in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
absolut								
PI=0	221	1309	11	502	2	359	9	143
PI=1	772	789	233	620	77	322	156	298
PI=2	1219	114	984	106	657	55	327	51
Summe	2212	2212	1228	1228	736	736	492	492
prozentual								
PI=0	9,99	59,18	0,90	40,88	0,27	48,78	1,83	29,07
PI=1	34,90	35,67	18,97	50,49	10,46	43,75	31,71	60,57
PI=2	55,11	5,15	80,13	8,63	89,27	7,47	66,46	10,37
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	75,81		84,85		89,27		70,12	

Tabelle 5.5(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch Denttabs® für den bukkalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.5(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung von Denttabs® jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des bukkalen Situs des Oberkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
Mittelwert	1,45	0,46	1,79	0,68	1,89	0,59	1,65	0,81
t-Wert	52,16		51,56		50,20		23,37	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	2	0	2	1	2	1	2	1
W-Wert	38,61		33,81		28,82		17,43	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.2.2 Palatinaler Situs der Oberkieferzähne

Die Verteilung der drei Plaqueindexgrade für die gesamten Zahnfelder im palatinalen Bereich des Oberkiefers ist im Vergleich zum bukkalen Situs gleichmäßiger (s.Abb.5.6). Es fällt jedoch auf, dass zum Postbrush-Zeitpunkt die Ergebnisse für die gesamten Zahnfelder jeweils sehr ähnlich sind (s.Tab.5.6(a)). Da die Plaqueausgangsbelastung palatinal jedoch insgesamt geringer war, fällt die Reinigungsleistung mit 29,42% im Vergleich zum bukkalen Situs mit 75,81% deutlich kleiner aus.

Im approximalen Bereich kommt es zum Postbrush-Zeitpunkt im Gegensatz zum bukkalen Situs des Oberkiefers nur zu einer geringen Lageverteilung der drei Plaqueindizes (s.Tab.5.6). Die Reinigungsleistung ist mit 20,77% in diesem Bereich auch am geringsten. Für alle untersuchten Zahnfeldergruppierungen ist die Reinigung mit Denttabs® hochsignifikant (s.Tab.5.6(b)).

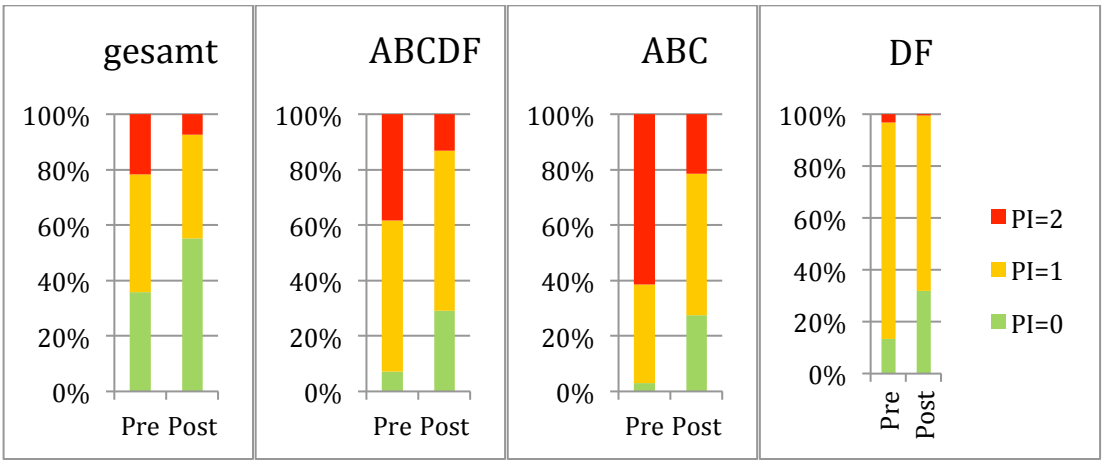


Abbildung 5.6: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Denttabs®, berechnet für den palatinalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Denttabs®. Ausgewertet für die gesamten palatinalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt.
Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.6(a).

Tabelle 5.6(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Denttabs® sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den palatinalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Planimetrie-Indexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Denttabs® in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des palatinalen Situs der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
absolut								
PI=0	791	1220	88	359	22	202	66	157
PI=1	943	829	671	708	262	377	409	331
PI=2	479	164	470	162	454	159	16	3
Summe	2213	2213	1229	1229	738	738	491	491
prozentual								
PI=0	35,74	55,13	7,16	29,21	2,98	27,37	13,44	31,98
PI=1	42,61	37,46	54,60	57,61	35,50	51,08	83,30	67,41
PI=2	21,64	7,41	38,24	13,18	61,52	21,54	3,26	0,61
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	29,42		37,92		52,44		20,77	

Tabelle 5.6(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch Denttabs® für den palatinalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s.Tab.5.6(a).Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung von Denttabs® jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des palatinalen Situs des Oberkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
Mittelwert	0,86	0,52	1,31	0,84	1,58	0,94	0,90	0,69
t-Wert	16,21		18,99		19,68		7,57	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	1	0	1	1	2	1	1	1
W-Wert	14,02		15,83		16,02		5,48	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.2.3 Bukkaler Situs der Unterkieferzähne

Vor der Anwendung mit Denttabs® weisen die Zahnfelder entlang des Gingivalsaumes (ABC) in 88,80% der Fälle den höchsten anteiligen Plaqueindex von 2 auf (s.Tab.5.7(a)). Nach der Reinigung sind immer noch 43,33% dieser Zahnfelder mit unter 50% ihrer Fläche von Plaque belegt (PI=1).

Insgesamt konnten 57,6% der Zahnfelder durch die Anwendung von Denttabs® vollständig von Plaque gereinigt werden. Die Reinigungsleistung für alle Zahngruppenbereiche ist im Vergleich zum bukkalen Situs des Oberkiefers minimal geringer und für alle Bereiche hochsignifikant (s.Tab.5.7(b)).

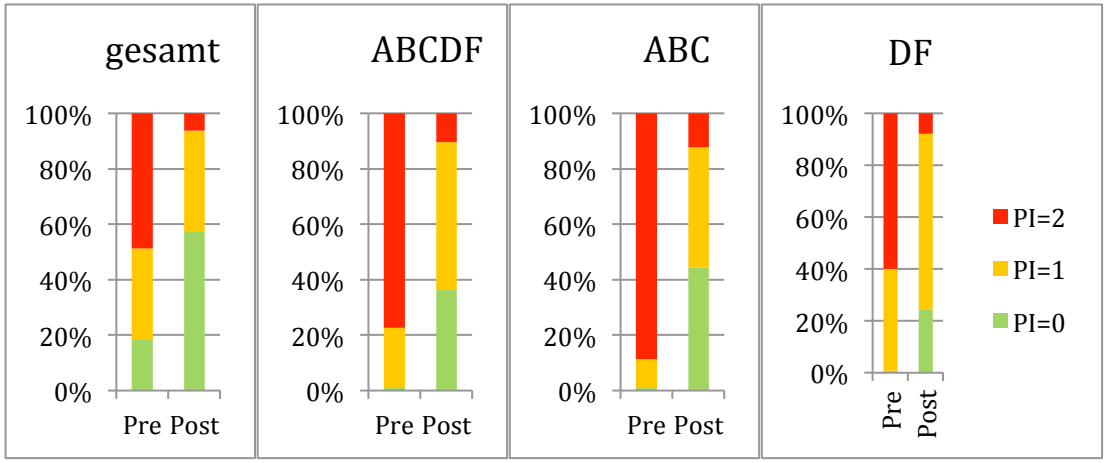


Abbildung 5.7: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Denttabs®, berechnet für den bukkalen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Denttabs®. Ausgewertet für die gesamten bukkalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt.
Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.7(a).

Tabelle 5.7(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Denttabs® sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den bukkalen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Denttabs® in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
absolut								
PI=0	413	1296	11	454	7	333	4	121
PI=1	739	814	273	665	77	325	196	340
PI=2	1098	140	966	131	666	92	300	39
Summe	2250	2250	1250	1250	750	750	500	500
prozentual								
PI=0	18,36	57,60	0,88	36,32	0,93	44,40	0,80	24,20
PI=1	32,84	36,18	21,84	53,20	10,27	43,33	39,20	68,00
PI=2	48,80	6,22	77,28	10,48	88,80	12,27	60,00	7,80
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	63,78		77,60		83,07		65,00	

Tabelle 5.7(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch Denttabs® für den bukkalen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.7(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung von Denttabs® jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des bukkalen Situs des Unterkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
Mittelwert	1,30	0,49	1,76	0,74	1,88	0,68	1,59	0,84
t-Wert	39,75		46,68		42,80		22,76	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	1	0	2	1	2	1	2	1
W-Wert	31,86		32,15		27,05		16,74	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.2.4 Lingualer Situs der Unterkieferzähne

Im Bereich der lingualen Zahnflächen des Unterkiefers ist im Vergleich zu den palatinalen Zahnflächen des Oberkiefers eine erhöhte Plaqueausgangsbelastung besonders in den Bereichen der Zahnfelder ABC und DF feststellbar (s.Abb.5.8). Während palatinal nur 3,26% der approximalen Zahnfelder einen PI von 2 aufwiesen, sind es lingual bereits 39,63% (s.Tab.5.8(a)). Im Vergleich zu dem bukkalen Situs der Unterkieferzähne ist jedoch lingual vor allem im Bereich der Risikozahnfelder insgesamt ein geringerer Plaquebefall feststellbar. Die Reinigung durch Denttabs® ist auch in diesem Situs für alle Bereiche bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 1% signifikant von null verschieden (s.Tab.5.8(b)).

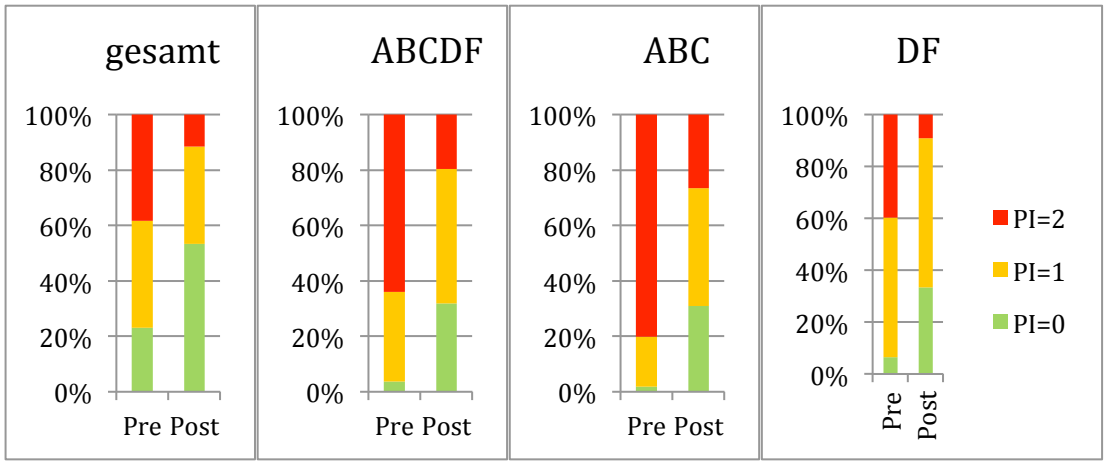


Abbildung 5.8: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Denttabs®, berechnet für den lingualen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Denttabs®. Ausgewertet für die gesamten lingualen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt.
Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.8(a).

Tabelle 5.8(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung von Denttabs® sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den lingualen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung von Denttabs® in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des lingualen Situs der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
absolut								
PI=0	507	1170	46	389	14	226	32	163
PI=1	843	769	393	591	131	311	262	280
PI=2	841	252	779	238	586	194	193	44
Summe	2191	2191	1218	1218	731	731	487	487
prozentual								
PI=0	23,14	53,40	3,78	31,94	1,92	30,92	6,57	33,47
PI=1	38,48	35,10	32,27	48,52	17,92	42,54	53,80	57,49
PI=2	38,38	11,50	63,96	19,54	80,16	26,54	39,63	9,03
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	48,43		56,19		64,02		50,31	

Tabelle 5.8(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch Denttabs® für den lingualen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.8(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung von Denttabs® jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des lingualen Situs des Unterkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Mittelwert	1,15	0,58	1,60	0,88	1,78	0,96	1,33	0,76
t-Wert	25,91		28,05		25,26		14,96	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	1	0	2	1	2	1	1	1
W-Wert	22,53		22,60		19,32		12,11	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.3 Zahnputzgel Rheodol-Gel plus

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Reinigungsleistung des Zahnputzgels Rheodol-Gel plus innerhalb der untersuchten Zahnfeldergruppierungen in Analogie zu den beiden vorherigen Kapiteln dargestellt.

5.3.1 Bukkaler Situs der Oberkieferzähne

Vor der Anwendung des Zahnputzgels ist besonders bei der Mehrzahl der Risikozahnfelder ein Plaqueindex von Grad 2 vertreten (s.Abb.5.9). Entlang des Gingivalsaumes sind zum Prebrush-Zeitpunkt fast keine der Zahnfelder plaquefrei. Nach der Anwendung des Zahnputzgels sind es dort knapp über 50% der Zahnfelder (s.Tab.5.9(a)). Insgesamt liegt die Reinigungsleistung durch dieses Zahnputzmittel bei 71,98% und ist in allen Bereichen hochsignifikant (s.Tab.5.9(b)).

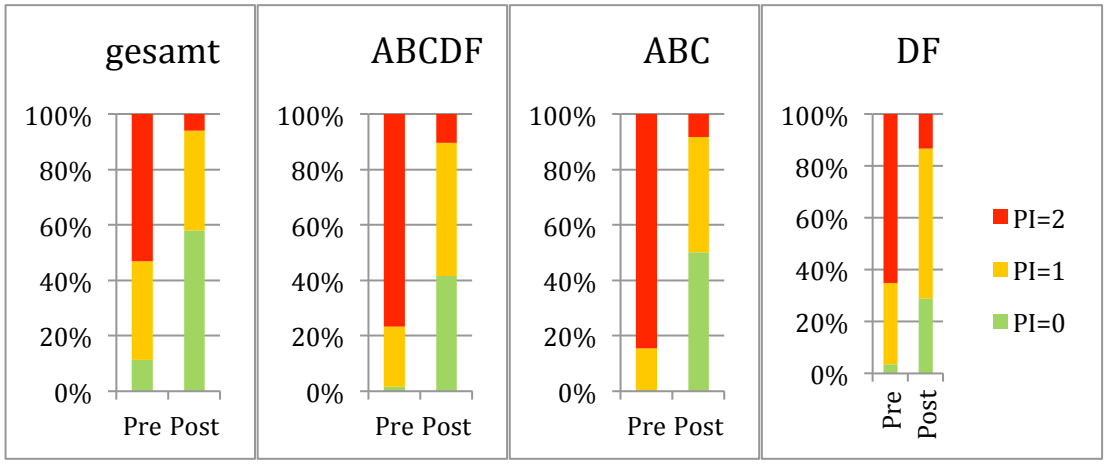


Abbildung 5.9: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung des Gels, berechnet für den bukkalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung des Gels. Ausgewertet für die gesamten bukkalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt. Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.9(a).

Tabelle 5.9(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung des Gels sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den bukkalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung des Gels in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
absolut								
PI=0	251	1282	21	511	4	369	17	142
PI=1	785	796	265	591	110	306	155	285
PI=2	1177	135	943	127	623	62	320	65
Summe	2213	2213	1229	1229	737	737	492	492
prozentual								
PI=0	11,34	57,93	1,71	41,58	0,54	50,07	3,46	28,86
PI=1	35,47	35,97	21,56	48,09	14,93	41,52	31,50	57,93
PI=2	53,19	6,10	76,73	10,33	84,53	8,41	65,04	13,21
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	71,98		81,12		86,16		65,45	

Tabelle 5.9(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch das Gel für den bukkalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.9(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung des Gels jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des bukkalen Situs des Oberkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
Mittelwert	1,42	0,48	1,75	0,69	1,84	0,58	1,62	0,84
t-Wert	48,02		46,44		45,69		20,43	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	2	0	2	1	2	0	2	1
W-Wert	36,61		32,00		27,71		16,00	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.3.2 Palatinaler Situs des Oberkiefers

Die Plaque-Ausgangsbelastung ist vor der Anwendung des Zahnputzgels analog zu den Untersuchungen von Zahnpasta und Denttabs® auch in diesem Bereich mit insgesamt 35,64% plaquefreien Zahnfelder kleiner als im Vergleich zum bukkalen Situs des Oberkiefers (s.Tab.5.10(a)). Der approximale Bereich (DF) wird mit 18,40% nur gering gereinigt. Auch insgesamt liegt die Reinigungsleistung in diesem Situs nur bei 26,19%, ist aber dennoch in allen Bereichen hochsignifikant (s.Tab.5.10(b)).

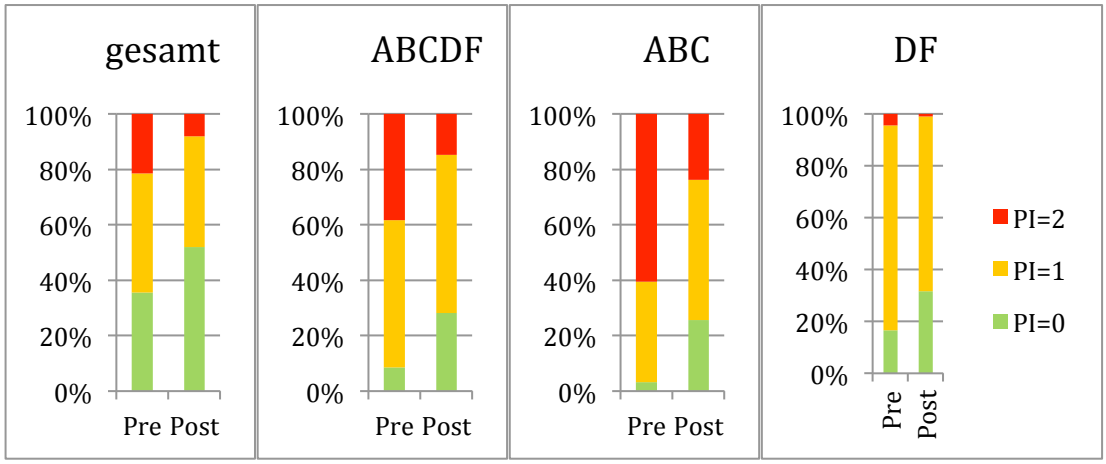


Abbildung 5.10: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung des Gels, berechnet für den palatinalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung des Gels. Ausgewertet für die gesamten palatinalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt.
Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.10(a).

Tabelle 5.10(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung des Gels sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den palatinalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung des Gels in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des palatinalen Situs der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
absolut								
PI=0	788	1147	104	345	23	190	81	155
PI=1	950	883	654	701	268	372	386	329
PI=2	473	181	469	181	447	176	22	5
Summe	2211	2211	1227	1227	738	738	489	489
prozentual								
PI=0	35,64	51,88	8,48	28,12	3,12	25,75	16,56	31,70
PI=1	42,97	39,94	53,30	57,13	36,31	50,41	78,94	67,28
PI=2	21,39	8,19	38,22	14,75	60,57	23,85	4,50	1,02
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	26,19		35,67		49,86		18,40	

Tabelle 5.10(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch das Gel für den palatinalen Situs des Oberkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.10(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung des Gels jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des palatinalen Situs des Oberkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
Mittelwert	0,86	0,56	1,30	0,87	1,57	0,98	0,88	0,69
t-Wert	14,13		16,99		17,99		6,28	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	1	0	1	1	2	1	1	1
W-Wert	12,24		14,42		14,80		4,70	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.3.3 Bukkaler Situs der Unterkieferzähne

Die gesamte Reinigungsleistung des Zahnputzgels (s.Tab.5.11(a)) ist in dem bukkalen Bereich der Unterkieferzähne leicht geringer als im Vergleich zum bukkalen Situs des Oberkiefers (62,89% zu 71,98%), aber dennoch auch hier hochsignifikant. Betrachtet man die Mittelwerte in Tab.5.11(b), so liegt die erzielte Reinigung in allen untersuchten Zahnfeldergruppierungen unter einem Indexpunkt.

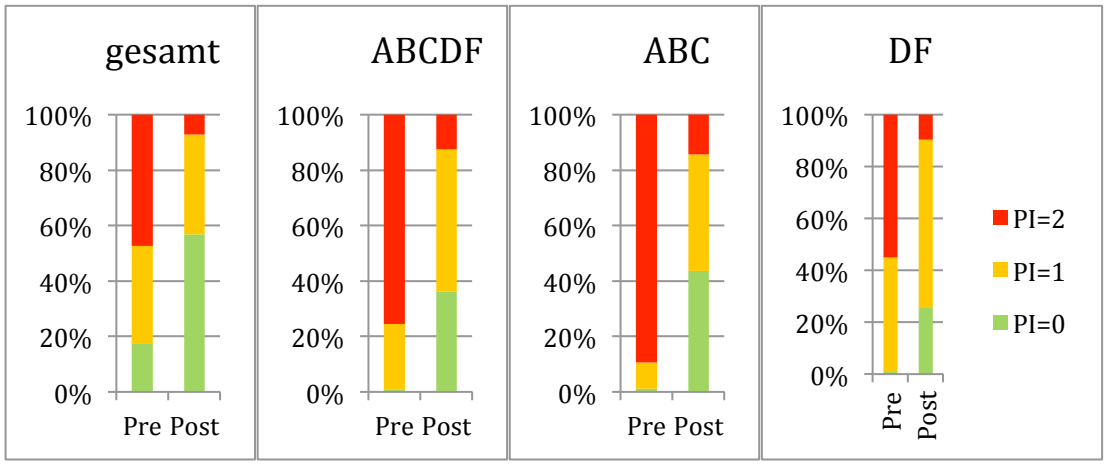


Abbildung 5.11: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung des Gels, berechnet für den bukkalen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung des Gels. Ausgewertet für die gesamten bukkalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt.
Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.11(a).

Tabelle 5.11(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung des Gels sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den bukkalen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung des Gels in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
absolut								
PI=0	396	1276	12	454	8	327	4	127
PI=1	787	812	293	640	72	315	221	325
PI=2	1067	162	945	156	670	108	275	48
Summe	2250	2250	1250	1250	750	750	500	500
prozentual								
PI=0	17,60	56,71	0,96	36,32	1,07	43,60	0,80	25,40
PI=1	34,98	36,09	23,44	51,20	9,60	42,00	44,20	65,00
PI=2	47,42	7,20	75,60	12,48	89,33	14,40	55,00	9,60
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	62,89		76,72		81,60		62,60	

Tabelle 5.11(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch das Gel für den bukkalen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.11(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung des Gels jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des bukkalen Situs des Unterkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

	gesamt		**ABCDF**		**ABC**		**DF**	
	Pre	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
Mittelwert	1,30	0,50	1,75	0,76	1,88	0,71	1,54	0,84
t-Wert	38,49		43,52		40,84		20,37	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	1	0	2	1	2	1	2	1
W-Wert	31,20		30,80		26,38		15,36	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.3.4 Lingualer Situs der Unterkieferzähne

Auch die Verwendung des Zahnputzgels führte in allen untersuchten Konstellationen zu einer signifikanten Reduktion der Plaque (s.Tab.5.12(b)). Laut der Tabelle 5.12(a) konnte insgesamt im Bereich der Zahninnenflächen des Unterkiefers eine höhere Reinigungsleistung (45,28%) festgestellt werden als im Vergleich zu den Zahninnenflächen des Oberkiefers (26,19%). Im approximalen Bereich (DF) des lingualen Situs war eine vermehrte Plaquebesiedlung entsprechend des Indexgrades von 1 feststellbar (s.Abb.5.12), während bukkal hingegen in diesem Bereich ein Plaqueindex von 2 überwog. Nach der Reinigung mit dem Zahnputzgel wiesen beide Situs wieder ähnliche Plaquewerte auf.

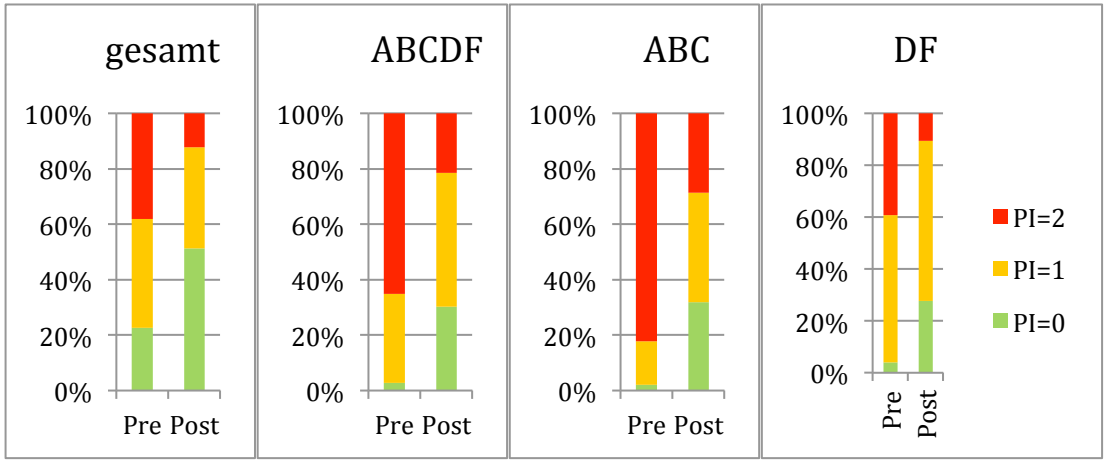


Abbildung 5.12: Prozentuale Verteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung des Gels, berechnet für den lingualen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der drei Plaqueindexgrade (PI:0/1/2).
Abszisse: Bewertung zu den Zeitpunkten vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung des Gels. Ausgewertet für die gesamten lingualen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt.
Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.12(a).

Tabelle 5.12(a): Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade vor und nach der Anwendung des Gels sowie die erreichte prozentuale Reinigungsleistung, berechnet für den lingualen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der Plaqueindexgrade (PI) vor (Pre) und nach (Post) der Anwendung des Gels in den untersuchten Bereichen der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des lingualen Situs der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Reinigung in %: Anteil der Zahnfelder, bei denen PI(pre)>PI(post) gilt.

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
absolut								
PI=0	496	1125	35	368	16	233	19	135
PI=1	859	798	390	588	114	289	276	299
PI=2	836	268	792	261	601	209	191	52
Summe	2191	2191	1217	1217	731	731	486	486
prozentual								
PI=0	22,64	51,35	2,88	30,24	2,19	31,87	3,91	27,78
PI=1	39,21	36,42	32,05	48,32	15,60	39,53	56,79	61,52
PI=2	38,16	12,23	65,08	21,45	82,22	28,59	39,30	10,70
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Reinigung in %	45,28		52,96		61,42		46,50	

Tabelle 5.12(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaque-Kontrolle durch das Gel für den lingualen Situs des Unterkiefers

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.12(a). Gebildeter Mittelwert bzw. Median vor (Pre) bzw. nach (Post) der Anwendung des Gels jeweils berechnet für die gesamten Zahnfelder (A-I), Risikozahnfelder (ABCDF) sowie gingivalen (ABC) und approximalen (DF) Felder des lingualen Situs des Unterkiefers. t: einseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: einseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

	gesamt		ABCDF		ABC		DF	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Mittelwert	1,16	0,61	1,62	0,91	1,80	0,97	1,35	0,83
t-Wert	24,76		27,65		25,05		14,20	
prob(t)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign (p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	
Median	1	0	2	1	2	1	1	1
W-Wert	21,67		22,18		19,11		11,33	
prob(W)	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
sign(p=0,05)	**ja**		**ja**		**ja**		**ja**	

5.4 Vergleich der Plaquereduktion der Zahnputzmittel

In diesem Abschnitt wird untersucht, ob es einen Unterschied im Hinblick auf die Reinigungsleistung der drei voneinander getrennt getesteten Zahnputzmittel gab.

In den vorherigen Kapiteln gab es in den meisten Fällen für die drei Zahnputzmittel hinsichtlich der Anfangsbelastung mit Plaque keine signifikanten Unterschiede. Die Zahnputzmittel wurden zunächst für die ausgewählten Zahnbereiche getrennt voneinander analysiert.

In diesem Kapitel erfolgt nun eine direkte Gegenüberstellung der drei Zahnputzmittel. Um die jeweilige erreichte Reinigungsleistung darzustellen, wird in der folgenden statistischen Untersuchung für jedes Zahnfeld zunächst die Plaquereduktion (ΔPI=PI(pre)-PI(post)) ermittelt. Die Abbildungen der folgenden Ausführungen stellen diese Differenzen als ΔPI dar. Die Analyse erfolgt auch hier wieder separat für alle vier Bereiche der Kiefer, jedoch werden die Zahnputzmittel dabei immer direkt vergleichend gegenübergestellt.

5.4.1 Bukkaler Situs der Oberkieferzähne

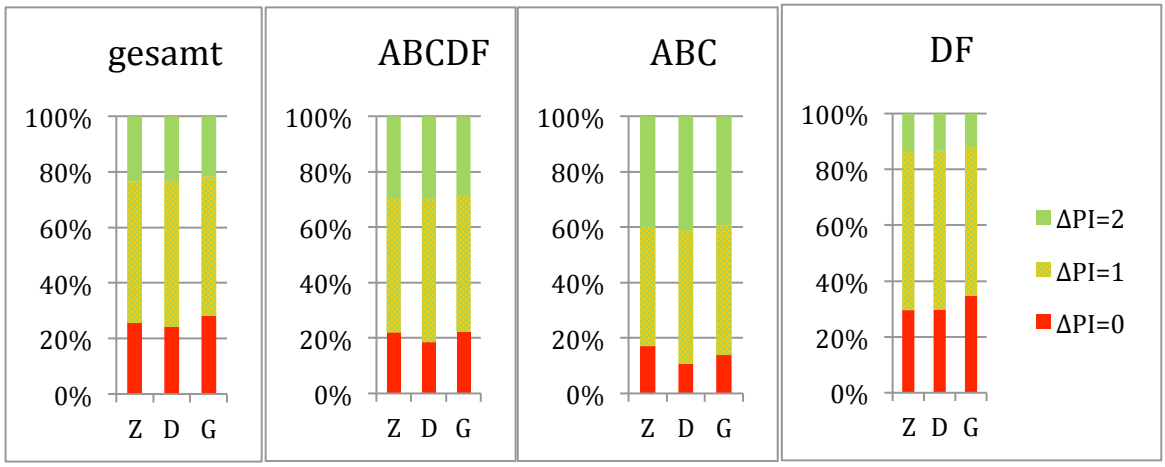


Abbildung 5.13: Prozentuale Verteilung der erreichten Plaquereduktion Δ PI resultierend aus der Differenz der Plaqueindexwerte vor und nach der Anwendung der jeweiligen drei Zahnputzmittel, getrennt analysiert für den bukkalen Situs des Oberkiefers und dessen Risikozahnfeldergruppen.

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der Plaquereduktion ΔPI (=PI(pre)-PI(post)) als Differenz der Bewertung vor (pre) und nach (post) der Anwendung des jeweiligen Zahnputzmittels anhand der Plaqueindexgrade (ΔPI:0/1/2).
Abszisse: Plaquereduktion getrennt analysiert für Z: Zahnpasta. D: Denttabs®. G: Gel. Ausgewertet für die gesamten bukkalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt. Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.13(a).

Abbildung 5.13(a): Absolute und prozentuale Häufigkeitsverteilung der erreichten Plaquereduktion Δ PI für die jeweiligen drei Zahnputzmittel, getrennt berechnet für den gesamten bukkalen Situs des Oberkiefers und dessen Risikozahnfeldergruppen.

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der erreichten Plaquereduktion ΔPI für die untersuchten Zahnfelder pro Zahnputzmittel (Zahnpasta, Denttabs®, Gel) in den drei Indexgraden (ΔPI:0/1/2). PI: Plaqueindex. Plaquereduktion ΔPI: ΔPI =PI(pre)-PI(post): Differenz der Bewertung vor (pre) und nach (post) der Anwendung der Zahnputzmittel.
Für die untersuchten Bereiche der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376).

Oberkiefer, bukkal	Δ PI	Zahnpasta		Denttabs		Gel	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %
gesamt	**0**	566	25,58	535	24,19	620	28,02
	1	1129	51,02	1161	52,49	1113	50,29
	2	518	23,41	516	23,33	480	21,69
	Summe	2213	100,00	2212	100,00	2213	100,00
ABCDF	**0**	271	22,05	226	18,40	272	22,13
	1	596	48,49	635	51,71	608	49,47
	2	362	29,45	367	29,89	349	28,40
	Summe	1229	100,00	1228	100,00	1229	100,00
ABC	**0**	126	17,07	79	10,73	102	13,84
	1	318	43,09	355	48,23	344	46,68
	2	294	39,84	302	41,03	291	39,48
	Summe	738	100,00	736	100,00	737	100,00
DF	**0**	145	29,53	147	29,88	170	34,55
	1	278	56,62	280	56,91	264	53,66
	2	68	13,85	65	13,21	58	11,79
	Summe	491	100,00	492	100,00	492	100,00

Tabelle 5.13(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die gesamten Zahnfelder (A-I) des bukkalen Situs des Oberkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.13(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die gesamten Zahnfelder (A-I) des bukkalen Situs des Oberkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,98	0,99	0,94
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-0,65	-1,97	-2,59
prob(t)	0,521	0,049	<0,01
sign (p=0,05)	**nein**	**ja**	**ja**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	0,60	1,81	2,39
prob(W)	0,551	0,070	0,017
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**ja**

Im bukkalen Bereich des Oberkiefers wurde durch die Anwendung des Zahnputzmittels Zahnpasta eine Reduktion der Plaque um durchschnittlich 0,98 Indexpunkte erreicht. Die Verwendung von Denttabs® reduzierte die Plaque um 0,99, während das Zahnputzmittel Gel zu einer Verminderung der Plaque von 0,94 Indexpunkten führte. Sowohl der t-Test als auch der Wilcoxon-Test zeigen, dass das Zahnputzgel eine signifikant niedrigere Reinigungswirkung aufweist als Denttabs®. Dagegen unterscheiden sich Zahnpasta und Denttabs® nur in einem insignifikanten Maß. Bei dem Vergleich zwischen Zahnpasta und Gel ist der Befund der beiden Tests uneinheitlich. Nach den vorab festgelegten Kriterien muss daher die hier vorliegende Differenz der Lageparameter abschließend auch als nicht-signifikant bewertet werden.

Tabelle 5.13(c): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder (ABCDF) des bukkalen Situs des Oberkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.13(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder (ABCDF) des bukkalen Situs des Oberkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	1,07	1,11	1,06
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-1,47	-0,40	-1,82
prob(t)	0,142	0,691	0,068
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	1,27	0,38	1,62
prob(W)	0,203	0,705	0,106
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**

Im Bereich der Risikozahnfelder des bukkalen Bereiches des Oberkiefers verminderte sich der Plaqueindex bei Verwendung der Zahnputzmittel durchschnittlich um 1,06 bis 1,11 Indexpunkte. Die Unterschiede zwischen den drei Zahnputzmitteln sind in allen Kombinationen insignifikant

Tabelle 5.13(d): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder des Gingivalsaumes (ABC) des bukkalen Situs des Oberkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.13(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder des Gingivalsaumes (ABC) des bukkalen Situs des Oberkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	1,23	1,30	1,26
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-2,12	0,74	-1,29
prob(t)	0,034	0,458	0,198
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**nein**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	1,61	0,51	1,03
prob(W)	0,107	0,609	0,304
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**

Auch bei der Betrachtung des Gingivalsaumes kommen die Tests zu dem Ergebnis, dass die Unterschiede zwischen der Reinigungsleistung der drei Zahnputzmittel so gering sind, dass bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von maximal 5% nicht ausgeschlossen werden kann, dass sie zufällig entstanden sind. Das Ergebnis zwischen Zahnpasta und Denttabs® ist zwar bei Verwendung des t-Tests signifikant, nicht jedoch beim Wilcoxon-Test und wird daher abschließend als insignifikant eingestuft.

Tabelle 5.13(e): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs des Oberkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.13(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs des Oberkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/ Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,84	0,83	0,77
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	0,25	-1,69	-1,50
prob(t)	0,803	0,091	0,135
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	0,21	1,53	1,37
prob(W)	0,832	0,126	0,170
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**

Auch bei den Zahnfeldern der approximalen Bereiche (DF) gibt es zwischen den drei Zahnputzmitteln keine signifikanten Unterschiede in der Reinigungsleistung.

5.4.2 Palatinaler Situs der Oberkieferzähne

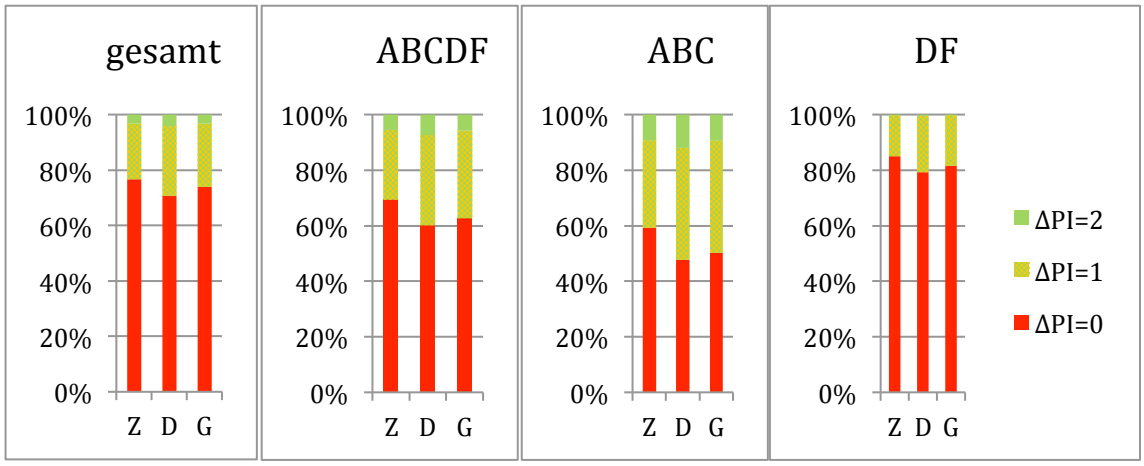


Abbildung 5.14: Prozentuale Verteilung der erreichten Plaquereduktion Δ PI resultierend aus der Differenz der Plaqueindexwerte vor und nach der Anwendung der jeweiligen drei Zahnputzmittel, getrennt analysiert für den palatinalen Situs des Oberkiefers und dessen Risikozahnfeldergruppen.

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der Plaquereduktion ΔPI (=PI(pre)-PI(post)) als Differenz der Bewertung vor (pre) und nach (post) der Anwendung des jeweiligen Zahnputzmittels anhand der Plaqueindexgrade (ΔPI:0/1/2).
Abszisse: Plaquereduktion getrennt analysiert für Z: Zahnpasta. D: Denttabs®. G: Gel. Ausgewertet für die gesamten palatinalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt. Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.14(a).

Abbildung 5.14(a): Absolute und prozentuale Häufigkeitsverteilung der erreichten Plaquereduktion Δ PI für die jeweiligen drei Zahnputzmittel, getrennt berechnet für den gesamten palatinalen Situs des Oberkiefers und dessen Risikozahnfeldergruppen.

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der erreichten Plaquereduktion ΔPI für die untersuchten Zahnfelder pro Zahnputzmittel (Zahnpasta, Denttabs®, Gel) in den drei Indexgraden (ΔPI:0/1/2). PI: Plaqueindex. Plaquereduktion ΔPI: ΔPI =PI(pre)-PI(post): Differenz der Bewertung vor (pre) und nach (post) der Anwendung der Zahnputzmittel.
Für die untersuchten Bereiche der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des palatinalen Situs der Zähne 16-26 von 22 Probanden (n=2376).

Oberkiefer, palatinal	Δ PI	Zahnpasta		Denttabs		Gel	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %
gesamt	**0**	1695	76,70	1562	70,58	1632	73,81
	1	445	20,14	558	25,21	507	22,93
	2	70	3,17	93	4,20	72	3,26
	Summe	2210	100,00	2213	100,00	2211	100,00

ABCDF	**0**	852	69,44	740	60,21	769	62,67
	1	306	24,94	399	32,47	387	31,54
	2	69	5,62	90	7,32	71	5,79
	Summe	1227	100,00	1229	100,00	1227	100,00
ABC	**0**	435	59,10	351	47,56	370	50,14
	1	233	31,66	299	40,51	298	40,38
	2	68	9,24	88	11,92	70	9,49
	Summe	736	100,00	738	100,00	738	100,00
DF	**0**	417	84,93	389	79,23	399	81,60
	1	73	14,87	100	20,37	89	18,20
	2	1	0,20	2	0,41	1	0,20
	Summe	491	100,00	491	100,00	489	100,00

Tabelle 5.14(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die gesamten Zahnfelder (A-I) des palatinalen Situs des Oberkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.14(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die gesamten Zahnfelder (A-I) des palatinalen Situs des Oberkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,26	0,34	0,29
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-4,50	1,84	-2,57
prob(t)	<0,01	0,066	0,010
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**ja**
Median	0	0	0
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	3,57	1,55	1,93
prob(W)	<0,01	0,121	0,013
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**ja**

Die Reinigungsleistung von Denttabs® (ΔPI=0,34) ist für die gesamten Zahnfelder im palatinalen Bereiches des Oberkiefers am größten und derjenigen von Zahnpasta (ΔPI=0,26) und Gel (ΔPI=0,29) signifikant überlegen. Insignifikant ist dagegen der Unterschied zwischen Zahnpasta und dem Gel.

Tabelle 5.14(c): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder (ABCDF) des palatinalen Situs des Oberkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.14(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder (ABCDF) des palatinalen Situs des Oberkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel). t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,36	0,47	0,43
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-4,48	2,79	-1,61
prob(t)	<0,01	<0,01	0,108
sign (p=0,05)	**ja**	**ja**	**nein**
Median	0	0	0
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	3,99	2,66	1,24
prob(W)	<0,01	<0,01	0,216
sign (p=0,05)	**ja**	**ja**	**nein**

Die palatinalen Risikozahnfelder des Oberkiefers werden sowohl durch Denttabs® als auch durch das Gel signifikant besser gereinigt als durch die Anwendung von Zahnpasta. Denttabs® und Gel unterschieden sich hingegen nur insignifikant

Tabelle 5.14(d): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder des Gingivalsaumes (ABC) des palatinalen Situs des Oberkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.14(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder des Gingivalsaumes (ABC) des palatinalen Situs des Oberkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/ Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel). t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtums-wahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,50	0,65	0,59
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-4,11	2,65	-1,44
prob(t)	<0,01	<0,01	0,151
sign (p=0,05)	**ja**	**ja**	**nein**
Median	0	1	0
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	3,89	2,70	1,18
prob(W)	<0,01	<0,01	0,238
sign (p=0,05)	**ja**	**ja**	**nein**

Auch entlang des Gingivalsaums wurden die Zahnfelder ABC durch die Anwendung von Denttabs® und dem Gel signifikant besser gereinigt als durch den Gebrauch von Zahnpasta. Im Durchschnitt wurde in diesem Bereich eine Reinigungsleistung von 0,50-0,65 Indexpunkten erzielt.

Tabelle 5.14(e): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder der approximalen Bereiche (DF) des palatinalen Situs des Oberkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.14(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder der approximalen Bereiche (DF) des palatinalen Situs des Oberkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/ Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel). t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtums-wahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,15	0,21	0,18
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-2,35	1,26	-0,94
prob(t)	0,019	0,207	0,345
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**nein**
Median	0	0	0
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	1,55	0,83	0,62
prob(W)	0,120	0,407	0,536
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**

Im Approximalbereich sind die Unterschiede zwischen den drei Zahnputzmitteln insignifikant.

5.4.3 Bukkaler Situs der Unterkieferzähne

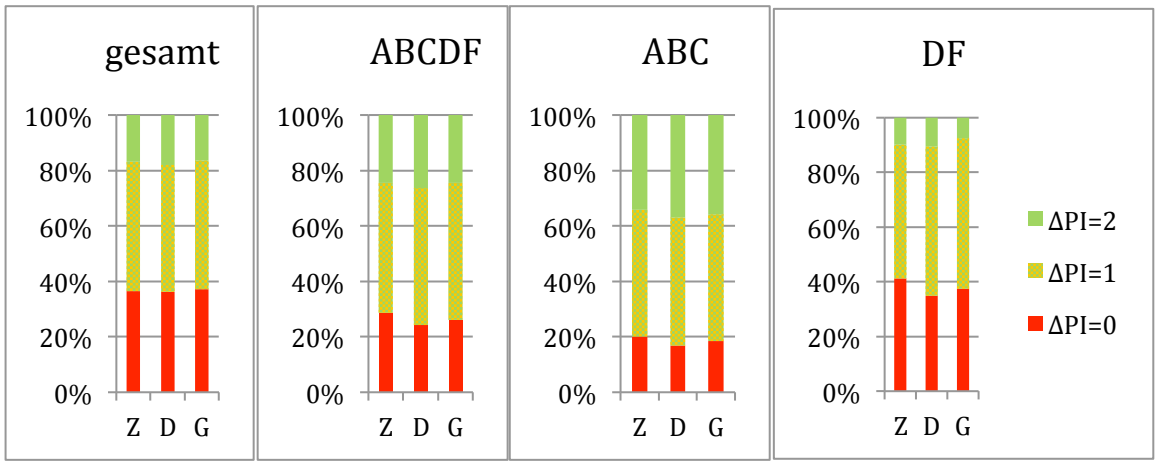


Abbildung 5.15: Prozentuale Verteilung der erreichten Plaquereduktion Δ PI resultierend aus der Differenz der Plaqueindexwerte vor und nach der Anwendung der jeweiligen drei Zahnputzmittel, getrennt analysiert für den bukkalen Situs des Unterkiefers und dessen Risikozahnfeldergruppen.

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der Plaquereduktion ΔPI (=PI(pre)-PI(post)) als Differenz der Bewertung vor (pre) und nach (post) der Anwendung des jeweiligen Zahnputzmittels anhand der Plaqueindexgrade (ΔPI:0/1/2).
Abszisse: Plaquereduktion getrennt analysiert für Z: Zahnpasta. D: Denttabs®. G: Gel. Ausgewertet für die gesamten bukkalen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt. Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.15(a).

Abbildung 5.15(a): Absolute und prozentuale Häufigkeitsverteilung der erreichten Plaquereduktion Δ PI für die jeweiligen drei Zahnputzmittel, getrennt berechnet für den gesamten bukkalen Situs des Unterkiefers und dessen Risikozahnfeldergruppen.

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der erreichten Plaquereduktion ΔPI für die untersuchten Zahnfelder pro Zahnputzmittel (Zahnpasta, Denttabs®, Gel) in den drei Indexgraden (ΔPI:0/1/2). PI: Plaqueindex. Plaquereduktion ΔPI: ΔPI =PI(pre)-PI(post): Differenz der Bewertung vor (pre) und nach (post) der Anwendung der Zahnputzmittel.
Für die untersuchten Bereiche der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376).

Unterkiefer, bukkal	**Δ PI**	**Zahnpasta**		**Denttabs**		**Gel**	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %
gesamt	**0**	821	36,51	815	36,22	835	37,11
	1	1049	46,64	1029	45,73	1045	46,44
	2	379	16,85	406	18,04	370	16,44
	Summe	2249	100,00	2250	100,00	2250	100,00

ABCDF	**0**	357	28,56	302	24,16	325	26,00
	1	587	46,96	618	49,44	619	49,52
	2	306	24,48	330	26,40	306	24,48
	Summe	1250	100,00	1250	100,00	1250	100,00
ABC	**0**	151	20,13	127	16,93	138	18,40
	1	342	45,60	346	46,13	343	45,73
	2	257	34,27	277	36,93	269	35,87
	Summe	750	100,00	750	100,00	750	100,00
DF	**0**	206	41,20	175	35,00	187	37,40
	1	245	49,00	272	54,40	276	55,20
	2	49	9,80	53	10,60	37	7,40
	Summe	500	100,00	500	100,00	500	100,00

Tabelle 5.15(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die gesamten Zahnfelder (A-I) des bukkalen Situs des Unterkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.15(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die gesamten Zahnfelder (A-I) des bukkalen Situs des Unterkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,80	0,82	0,79
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-0,71	-0,47	-1,18
prob(t)	0,475	0,641	0,239
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	0,59	0,43	1,02
prob(W)	0,553	0,670	0,309
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**

Im bukkalen Bereich des Unterkiefers konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Zahnputzmitteln gefunden werden. Die Anwendung von Zahnpasta, Denttabs® und Gel reduzierte den Plaqueindex durchschnittlich um etwa 0,8 Indexpunkte.

Tabelle 5.15(c): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder (ABCDF) des bukkalen Situs des Unterkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.15(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder (ABCDF) des bukkalen Situs des Unterkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,96	1,02	0,98
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-2,20	0,89	-1,32
prob(t)	0,028	0,374	0,186
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**nein**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	2,03	0,84	1,22
prob(W)	0,042	0,403	0,224
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**nein**

Im bukkalen Bereiches des Unterkiefers ist die Reinigungsleistung des Zahnputzmittels Denttabs® (ΔPI=1,02) derjenigen von Zahnpasta (ΔPI=0,96) signifikant überlegen Die anderen Testergebnisse weisen nur insignifikante Unterschiede zwischen den Zahnputzmitteln auf.

Tabelle 5.15(d): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder des Gingivalsaumes (ABC) des bukkalen Situs des Unterkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.15(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder des Gingivalsaumes (ABC) des bukkalen Situs des Unterkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/ Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	1,14	1,20	1,17
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-1,59	0,90	-0,69
prob(t)	0,113	0,370	0,491
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	1,42	0,81	0,61
prob(W)	0,156	0,418	0,544
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**

Im Bereich des Gingivalsaumes sind die Unterschiede zwischen den drei Zahnputzmitteln nur insignifikant.

Tabelle 5.15(e): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder der approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs des Unterkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.15(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die approximalen Bereiche (DF) des bukkalen Situs des Unterkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,69	0,76	0,70
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-1,74	0,36	-1,44
prob(t)	0,082	0,722	0,150
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	1,66	0,55	1,16
prob(W)	0,097	0,581	0,248
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**

Obwohl bei der Gesamtbetrachtung der Risikozahnfelder ABCDF gezeigt werden konnte, dass Denttabs® in diesem Bereich eine signifikant höhere Reinigungsleistung gegenüber Zahnpasta aufweist, konnten bei der Aufschlüsselung dieser Zahnfelder in die Felder des Gingivalsaumes (ABC) und des Approximalbereiches (DF) keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Zahnputzmitteln mehr gefunden werden.

5.4.4 Lingualer Situs der Unterkieferzähne

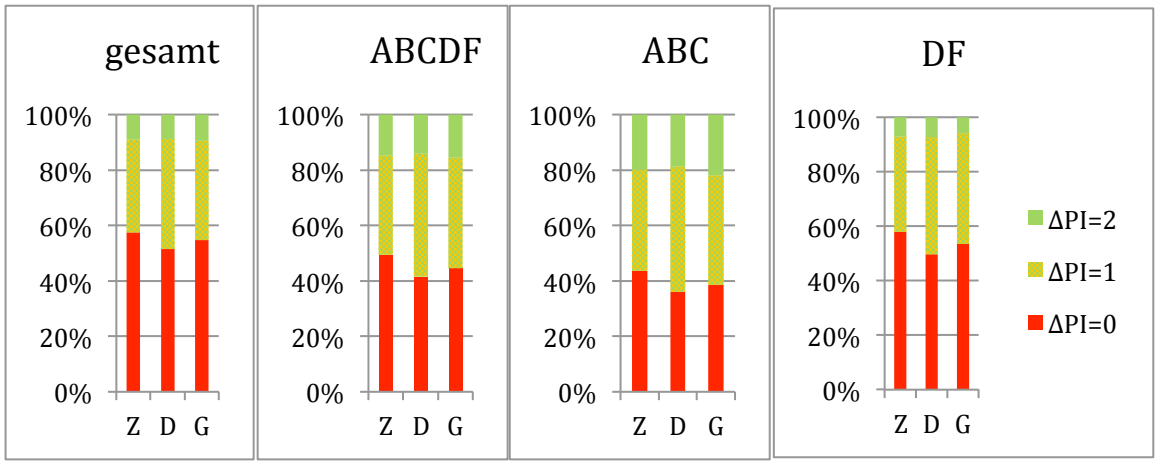


Abbildung 5.16: Prozentuale Verteilung der erreichten Plaquereduktion Δ PI resultierend aus der Differenz der Plaqueindexwerte vor und nach der Anwendung der jeweiligen drei Zahnputzmittel, getrennt analysiert für den lingualen Situs des Unterkiefers und dessen Risikozahnfeldergruppen.

Erläuterungen: Ordinate: Prozentuale Verteilung der Plaquereduktion ΔPI (=PI(pre)-PI(post)) als Differenz der Bewertung vor (pre) und nach (post) der Anwendung des jeweiligen Zahnputzmittels anhand der Plaqueindexgrade (ΔPI:0/1/2).
Abszisse: Plaquereduktion getrennt analysiert für Z: Zahnpasta. D: Denttabs®. G: Gel. Ausgewertet für die gesamten lingualen Zahnfelder A-I (gesamt) und Risikozahnfelder (ABCDF) der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376). Die Risikozahnfelder wurden zusätzlich für den Gingivalsaum (ABC) und approximalen (DF) Bereich separat analysiert und in der Abb. dargestellt. Anzahl Beobachtungen: s. Tab. 5.16(a).

Abbildung 5.16(a): Absolute und prozentuale Häufigkeitsverteilung der erreichten Plaquereduktion Δ PI für die jeweiligen drei Zahnputzmittel, getrennt berechnet für den gesamten lingualen Situs des Unterkiefers und dessen Risikozahnfeldergruppen.

Erläuterungen: Absolute sowie prozentuale Häufigkeitsverteilung der erreichten Plaquereduktion ΔPI für die untersuchten Zahnfelder pro Zahnputzmittel (Zahnpasta, Denttabs®, Gel) in den drei Indexgraden (ΔPI:0/1/2). PI: Plaqueindex. Plaquereduktion ΔPI: ΔPI =PI(pre)-PI(post): Differenz der Bewertung vor (pre) und nach (post) der Anwendung der Zahnputzmittel.
Für die untersuchten Bereiche der Zahnfelder gesamt (A-I), der Risikozahnfelder (ABCDF), der Felder des Gingivalsaumes (ABC) sowie der approximalen Bereiche (DF) des lingualen Situs der Zähne 36-46 von 22 Probanden (n=2376).

Unterkiefer, lingual	**Δ PI**	**Zahnpasta**		**Denttabs**		**Gel**	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %
gesamt	**0**	1259	57,46	1130	51,57	1199	54,72
	1	736	33,59	870	39,71	787	35,92
	2	196	8,95	191	8,72	205	9,36
	Summe	2191	100,00	2191	100,00	2191	100,00

ABCDF	**0**	601	49,34	505	41,46	542	44,54
	1	437	35,88	542	44,50	486	39,93
	2	180	14,78	171	14,04	189	15,53
	Summe	1218	100,00	1218	100,00	1217	100,00
ABC	**0**	320	43,72	263	35,98	282	38,58
	1	266	36,34	332	45,42	289	39,53
	2	146	19,95	136	18,60	160	21,89
	Summe	732	100,00	731	100,00	731	100,00
DF	**0**	281	57,82	242	49,69	260	53,50
	1	171	35,19	210	43,12	197	40,53
	2	34	7,00	35	7,19	29	5,97
	Summe	486	100,00	487	100,00	486	100,00

Tabelle 5.16(b): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die gesamten Zahnfelder (A-I) des lingualen Situs des Unterkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.16(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die gesamten Zahnfelder (A-I) des lingualen Situs des Unterkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,51	0,57	0,55
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-2,95	1,68	-1,27
prob(t)	<0,01	0,093	0,204
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**nein**
Median	0	0	0
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	3,08	1,61	1,47
prob(W)	<0,01	0,107	0,141
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**nein**

Die Tests für die gesamten Zahnfelder die lingualen Flächen zeigen, dass Denttabs® den Plaqueindex im Mittel um 0,57 Indexpunkte reduziert und damit signifikant besser reinigt als Zahnpasta (ΔPI= 0,51). Die Reinigungsleistung von Denttabs® und Gel unterscheiden sich nur insignifikant voneinander, ebenso auch diejenige von Zahnpasta und Gel.

Tabelle 5.16(c): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder (ABCDF) des lingualen Situs des Unterkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.16(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder (ABCDF) des lingualen Situs des Unterkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,65	0,73	0,71
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-2,55	1,97	-0,57
prob(t)	0,011	0,049	0,566
sign (p=0,05)	**ja**	**ja**	**nein**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	2,76	1,98	0,78
prob(W)	<0,01	0,048	0,438
sign (p=0,05)	**ja**	**ja**	**nein**

Bei den Risikozahnfeldern des lingualen Situs des Unterkiefers zeigen beide Tests, dass Zahnpasta sowohl im Vergleich zu Denttabs® als auch zum Gel eine signifikante geringere Reinigungsleistung aufweist. Der p-Wert ist bei dem Vergleich von Zahnpasta und Denttabs® als hochsignifikant einzustufen. Dahingegen liegt der p-Wert bei der Gegenüberstellung von Gel versus Zahnpasta nur sehr knapp unterhalb des Signifikanzniveaus von 5 Prozent.

Tabelle 5.16(d): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder des Gingivalsaumes (ABC) des lingualen Situs des Unterkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.16(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder des Gingivalsaumes (ABC) des lingualen Situs des Unterkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/ Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,76	0,83	0,83
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-1,66	1,79	0,18
prob(t)	0,097	0,074	0,860
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**
Median	1	1	1
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	1,81	1,73	0,00
prob(W)	0,070	0,083	0,996
sign (p=0,05)	**nein**	**nein**	**nein**

Im lingualen Bereich des Unterkiefers gibt es bei der Analyse der Zahnfelder des Gingivalsaums keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Zahnputzmitteln. Die Anwendung von Zahnpasta, Denttabs® und Gel reduziert den Plaqueindex durchschnittlich um etwa 0,8 Indexpunkte.

Tabelle 5.16(e): Ergebnisse der Signifikanztests zur Beurteilung der Plaquereduktion durch die drei Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder der approximalen Bereiche (DF) des lingualen Situs des Unterkiefers.

Erläuterungen: Stichprobenumfang: s. Tab.5.16(a). PI: Plaqueindex. Gebildeter Mittelwert bzw. Median der erreichten Plaquereduktion ΔPI pro Zahnputzmittel für die Risikozahnfelder der approximalen Bereiche (DF) des lingualen Situs des Unterkiefers von allen Konstellationen bei denen galt: ΔPI =PI(pre)-PI(post). Zudem gegenüberstellende bivariate Testanalyse der Mittelwerte/ Mediane von jeweils zwei der drei Zahnputzmittel bei insgesamt drei möglichen Konstellationen (Zahnpasta, Denttabs®, Gel).
t: zweiseitiger Standard-t-Test des Mittelwertes. W: zweiseitiger Wilcoxon-Test des Medians. prob(Test): p-Wert des ermittelten Testwertes. sign(p=0,05)=ja: die Nullhypothese eines gleichen Mittelwertes/Medians der untersuchten Datenreihen kann zugunsten der Alternativhypothese eines voneinander verschiedenen Wertes bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 5 % abgelehnt werden.

Δ PI	**Zahnpasta**	**Denttabs**	**Gel**
Mittelwert	0,49	0,57	0,53
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
t-Wert	-2,16	0,94	-1,30
prob(t)	0,031	0,347	0,193
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**nein**
Median	0	1	0
	Z vs. D	**G vs. Z**	**G vs. D**
W-Wert	2,12	1,05	1,15
prob(W)	0,034	0,295	0,251
sign (p=0,05)	**ja**	**nein**	**nein**

Im Approximalbereich reduziert Denttabs® den Plaqueindex um durchschnittlich 0,57 Indexpunkte und reinigt damit signifikant besser als Zahnpasta. Die Reinigungsleistung dieser beiden Zahnputzmittel im Vergleich zum Gel unterscheidet sich lediglich in einem insignifikanten Maße.

5.5 Zusammenfassung

Jeder der 22 Probanden zeigte während der Studie eine sehr gute Compliance. Dies bestätigten die statistisch nur insignifikant unterschiedlichen Plaque-Ausgangswerte von allen drei Zahnputzmittelmessreihen (s. auch Anhang 10.8). Ein Trainingseffekt oder eine Nichteinhaltung des Studienprotokolls kann somit ausgeschlossen werden.

Durch alle drei Zahnputzmittel konnte eine hochsignifikante Reinigungsleistung in allen untersuchten Bereichen des Ober- und Unterkiefers gezeigt werden. Die erreichte Reinigungsleistung über alle gemessenen Zahnflächen lag bei allen drei Zahnputzmitteln im Durchschnitt bei knapp über 50% (Zahnpasta (ZP): 50,9%, Denttabs® (DT): 54,4%, Gel: (G) 51,6 %).

Im Bereich des bukkalen Situs des Oberkiefers ließ sich bei allen Zahnputzmitteln die höchste Reinigungsleistung feststellen (ZP: 74,4%, DT: 75,8%, G: 71,9%), wohingegen der palatinale Bereich stets am geringsten gereinigt wurde. Dies lässt sich auch grafisch anhand der Verteilungstabellen der Plaqueindexgrade erkennen. Hier lagen die Werte lediglich bei 23,3% (ZP), 29,4% (DT) und 26,2% (G). Dabei ist jedoch anzumerken, dass in diesem Situs zuvor zum Prebrush-Zeitpunkt auch deutlich niedrigere Plaque-Ausgangswerte mit einem durchschnittlichen Plaqueindex von unter 1 (mittlerer PI: 0,87/0,86/0,86) feststellbar waren als bukkal (mittlerer PI: 1,45/1,45/1,42). Der Plaqueindex der palatinalen Zahnfelder wurden im Durchschnitt durch alle drei Zahnputzmittel lediglich um Δ 0,26 (ZP) bis Δ0,34 (DT) Indexpunkte vermindert. Im bukkalen Situs des Oberkiefers waren es im Vergleich dazu Δ 0,94 (G) bis 0,99 (DT) Indexpunkte. Somit war die erzielte Reinigung im Endeffekt dort deutlich besser.

Auch der Unterkiefer, welcher nur geringfügig geringere Plaquemengen als der bukkale Situs des Oberkiefers aufwies, wurde bukkal besser gereinigt (63,5% (ZP), 63,8% (DT), 62,9% (G)) als lingual (42,54% (ZP), 48,43% (DT), 45,3% (G)). Somit bestätigte sich auch im Unterkiefer, dass die oralen Bereiche insgesamt eine geringere Reinigungsleistung aufweisen als die bukkalen Bereich.
Die durchschnittliche Plaquereduktion beläuft sich lingual lediglich bei einem halben Indexpunkt (Δ 0,51 (ZP)- 0,57 (DT)). Dieser Teilbereich wird somit nach dem palatinalen Situs (Δ 0,26 (ZP)- 0,34 (DT)) am zweitschlechtesten gereinigt.

Vergleicht man abschließend alle drei untersuchten Zahnputzmittel miteinander, so zeigt sich kein eindeutiges Ergebnis, welches eine deutliche Überlegenheit eines der drei untersuchten Zahnputzmittel gegenüber den anderen beiden Produkten in allen untersuchten Zahnbereichen belegen könnte. Das abrasionsfreie Zahnputzgel reinigte in vielen Bereichen genauso effektiv wie die hochabrasive Zahnpasta und die niedrig abrasive Denttabs®-Zahnputztablette. Die durchschnittliche Reinigungsleistung zum Postbrush-Zeitpunkt lag bei allen Zahnputzmitteln überwiegend bei einem Indexpunkt.
Wenn jedoch eines der drei Zahnputzmittel in bestimmten Teilbereichen und Zahnfeldergruppierungen eine Überlegenheit in der Reinigungsleistung aufwies, so war es Denttabs®. Dies zeigte sich etwa bei den gesamten Zahnfeldern (A-I) des palatinalen Situs im Oberkiefer im Vergleich zur Zahnpasta und dem Gel als auch im lingualen Situs des Unterkiefers, wo Denttabs® mit 48,4% besser reinigte als Zahnpasta (42,5%). Auch zeigte Denttabs® im bukkalen Situs des Oberkiefers (75,81%) eine bessere Reinigungsleistung als das Gel (71,98%), wohingegen der Unterschied zu Zahnpasta nur insignifikant war.

Betrachtet man die Analyse der untersuchten Risikozahnfelder, so wurden die Felder ABC (ZP:64,9%, DT:72,2%, G:59,7%) entlang des Gingivalsaumes im Vergleich zu den approximalen Zahnfeldern DF (ZP:46,8%, DT:51,6%, G:48,2%) in allen untersuchten Situs der Kiefer besser gereinigt.
Auch zeigte Denttabs® im Bereich der Risikozahnfelder (ABCDF) des palatinalen, bukkalen und lingualen Situs des Unterkiefers eine signifikant höhere Reinigungsleistung als Zahnpasta. Bei der Aufschlüsselung der Zahnfelder im bukkalen Situs des Unterkiefers in ABC und DF war diese jedoch insignifikant und kann daher in Frage gestellt werden.

Im approximalen Bereich des palatinalen und lingualen Situs reinigen sowohl Denttabs® als auch das Zahnputzgel die Felder DF besser als Zahnpasta. Bei der Aufschlüsselung wird deutlich, dass vor allem Denttabs® (Δ 0,57) die approximalen Bereiche besser reinigt als Zahnpasta(Δ 0,49). Der Vergleich zum Gel war dagegen insignifikant.

6. Diskussion

6.1 Studienprotokoll

6.1.1 Cross-Over-Design

In der klinischen Studie wurde ein Cross-Over-Design gewählt, um die Reinigungseffektivität dreier verschiedener Putzmittel durch 24 Probanden testen zu können. Dieses Design gilt in klinischen Studien als eine verlässliche Methode, um die erreichte Plaquereduktion bei gesunden Probanden zu untersuchen (McCracken et al. 2005) und wurde bei verschiedensten klinischen Zahnputzmittelstudien verwendet (Stean und Forward 1980, Binney et al. 1993, Volpenhein et al. 1997, Parizotto et al. 2003, Paraskevas et al. 2007, Jayakumar et al. 2010).

Dies hat zum einen den Vorteil, dass die Probandenanzahl kleiner gehalten werden kann als im Vergleich zu einem Parallel-Design. Zum anderen erreicht das Cross-Over-Design eine höhere Effizienz und Genauigkeit der Untersuchungen (McCracken et al. 2005). Die Probanden agieren in den Untersuchungen als ihre eigenen Kontrollen (Weiß 2013). Dadurch können die intraindividuellen Unterschiede innerhalb der Probandengruppe in den Untersuchungsphasen kleiner gehalten werden (McCracken et al. 2005).

Nachteilig an einem Cross-Over-Design könnten eventuell auftretende Wechselwirkungen zwischen den Untersuchungsphasen, ein sogenannter Carry-over-Effekt sein (McCracken et al. 2005). Dieser könnte eine Interpretation der Reinigungseffektivität der jeweiligen Zahnputzmittel beeinflussen, was aber durch eine angemessen lange Wash-out-Phase kompensiert werden kann (Schumacher und Schulgen 2007).

In der Studie betrug die Wash-out-Phase zwei Wochen, sodass eventuelle Wechselwirkungen aufgrund von unterschiedlichen Inhaltsstoffen der Zahnputzmittel im Hinblick auf die Plaquebildungsrate und der Reinigungsleistung ausgeschlossen werden konnten. Anhand der Rohdaten der Studie und der nur insignifikant verschiedenen Plaqueausgangswerte der Probanden konnte gezeigt werden, dass die angesetzte zweiwöchige Wash-out-Phase angemessen war.

6.1.2 Probandenanzahl

Die Probandenanzahl in Zahnputzmittelstudien (s.Tab.6.2) variiert teils erheblich von 9 im Cross-Over-Design (Volpenhein et al. 1997) bis hin zu 120 Probanden im Parallel-

Studiendesign (Paraskevas et al. 2006). Die Größe der Probandengruppe sollte dem jeweiligen Studiendesign angepasst werden. Das heißt, dass für ein Cross-Over-Design eine eher kleine Probandengruppe gewählt werden kann. Im Endeffekt muss jedoch ein hinreichend großer Datensatz für die spätere statistische Auswertung gewährleistet werden können.
In der Studie durchliefen von den 24 Probanden insgesamt 23 alle drei Untersuchungszyklen, da ein Proband direkt zu Anfang künftig nicht mehr an der Studie teilnehmen wollte. In jeder Untersuchungssitzung wurden pro Proband mindestens 18 intraorale Fotoaufnahmen angefertigt und außerhalb der Prüfeinrichtung verblindet ausgewertet. Eine Mindestanzahl von 20 zu bewertenden Zähnen pro Proband war gefordert. Somit konnte pro Zahnputzmittel und Untersuchungszeitpunkt („Prebrush“/“Postbrush“) eine Mindestanzahl von 360 zu bewertenden Felder erreicht werden. Dies wurde für die spätere statistische Auswertung als hinreichend betrachtet.
Analog zu anderen planimetrischen Studien (Denda 2011, Zanatta et al. 2011, Lang et al. 2014) wurde daher die Anzahl der Probanden auf 24 festgesetzt, um auswertbare Ergebnisse mit hinreichend großen Datenmengen zu gewährleisten.

6.1.3 Probandenauswahl

An der klinischen Studie nahmen ausschließlich erwachsene Probanden teil. In den meisten Mundhygienestudien gilt als Einschlusskriterium nur ein Mindestalter von 18 Lebensjahren (Paraskevas et al. 2006, Paraskevas et al. 2007, Jayakumar et al. 2010, Rosema et al. 2013).
Andere Studien untersuchten Probandengruppen im Alter zwischen 18 und 30 Lebensjahren (Zanatta et al. 2011) oder auch Probanden mit einem Durchschnittsalter von 22,4 ± 2,3 Jahren (Zanatta et al. 2012). Ein Studiendesign untersuchte auch vier- bis sechsjährige Kinder (Parizotto et al. 2003).

In klinischen Studien ist auf eine möglichst homogene Probandengruppe zu achten, mit einem möglichst ausgeglichenen Verhältnis zwischen weiblichem und männlichem Probandengut, da laut Studien Frauen in der Regel eine bessere Mundhygiene aufweisen als Männer (Ndouma et al. 1999, Gleissner 2014).
Da die Probanden willkürlich für die Studie ausgewählt wurden, nahmen letzten Endes 14 weibliche und 10 männliche Probanden teil. Das Alter der Probanden lag zwischen 18 und 61 Jahren, mit einem Durchschnittsalter von 33,9 Jahren.

Ein Auswahlkriterium für die Teilnahme an der Studie war ein guter allgemeiner Gesundheitszustand. Als Ausschlusskriterien galten systemische Erkrankungen, physische Beeinträchtigungen, die ein adäquates Zähneputzen verhindern können, Gravidität sowie Antibiotikaeinnahme in den letzten 28 Tagen, welche andernfalls den Biofilm beeinflussen könnten. Auch durften die Probanden an keiner anderen Studie innerhalb des letzten Monats teilgenommen haben.

Als meist einvernehmliches Einschlusskriterium in Zahnputzmittelstudien gilt, dass die Probanden mindestens 20 zu bewertende Zähne aufweisen müssen (Stean und Forward 1980, Paraskevas et al. 2006, Paraskevas et al. 2007, Creeth et al. 2009, Jayakumar et al. 2010, Zanatta et al. 2011, Zanatta et al. 2012, Rosema et al. 2013). Die vorliegende Studie forderte aus diesem Grunde eine Zahnzahl von mindestens 20, wobei eine full-mouth-Indexierung bis einschließlich der ersten Molaren wünschenswert war, also von 24 Zähnen. Aufgrund des verwendeten Plaqueindex konnte dadurch ein ausreichend großer statistischer Datensatz gewährleistet werden.
Überkronte Zähne, Zähne mit großen kariösen Läsionen oder auch mit großflächigen nach vestibulär oder lingual ausgedehnten Füllungen wurden ebenso ausgeschlossen wie Zähne mit orthodontischen Apparaturen. Auch die dritten Molaren wurden aufgrund intraoraler fotografischer Schwierigkeiten und einer damit verbundenen späteren fehlerhaften Plaqueindex-Auswertung bei der Bewertung ausgeschlossen. Die zweiten Molaren wurden nur in Ausnahmefällen indexiert, wenn dies der Proband aufgrund einer adäquaten Mundöffnung zuließ. In diesem Bereich war die intraorale Fotografie aufgrund der Größe der Mundspiegel meist für den Probanden sehr unangenehm bis schmerzhaft und die Zahnflächen konnten auch hier nicht einheitlich fotografisch erfasst werden. Aus diesen Gründen wurde die intraorale Fotografie meist nur bis einschließlich der ersten Molaren durchgeführt.

6.1.4 Professionelle Zahnreinigung und Mundhygienekarenz

Um gleiche plaquefreie Ausgangsbedingungen zu schaffen, erhielten alle Probanden vor der dreitägigen Mundhygienekarenz eine professionelle Zahnreinigung.
Auch Stean et al. (1980) sowie Böshagen et al. (2005) und Zanatta et al. (2012) führten zu Anfang ihrer Untersuchungen eine professionelle Zahnreinigung durch.

Anschließend fand eine dreitägige Mundhygienekarenz statt, in der sich die Plaque frei akkumulieren konnte. In der Literatur gibt es unterschiedliche Angaben über die Dauer der Mundhygienekarenz in klinischen Zahnputzmittelstudien. Die Zeiträume variieren hier von 12 Stunden (Toto und Rapp 1972) über 24 Stunden (Stean und Forward 1980, Creeth et al. 2009) bis hin zu 48 Stunden (Paraskevas et al. 2006, Paraskevas et al. 2007, Jayakumar et al. 2010) oder auch 72 Stunden (Zanatta et al. 2012). In der Studie von Zanatta et al. (2011) wurde eine Mundhygienekarenz von 96 Stunden angesetzt.

Über einen Zeitraum von 14 Tagen freier Plaqueakkumulation bilden sich innerhalb der ersten vier Tage die größten Plaquemengen, sodass am 4.Tag 86% der Zahnflächen mit Plaque bedeckt sind (Furuichi et al. 1992). Ohne Mundhygiene entwickeln sich bereits ab dem 4. Tag erste Zeichen einer lokalen Gingivits (Lang et al. 1973). Da die Plaqueansammlung auf den Zahnflächen ohne durchgeführte Mundhygiene laut Lang et al. (1973) nach 72 und 96 Stunden ähnlich ist, wurde daher in der vorliegenden Studie in Anlehnung an die Studie von Claydon und Addy (1995) ein three-day-plaque-regrowth (72 Stunden) als ausreichend für eine angemessene Ansammlung dentaler Plaque erachtet ohne dabei Schäden an Hart- oder Weichgewebe zu verursachen und um auswertbare Ergebnisse mittels der planimetrischen Auswertungsmethode erzielen zu können.

6.1.5 Probandenunterweisung und- kalibrierung

Es gibt verschiedene Faktoren, die neben den Mundhygienehilfsmitteln eine effektive Plaque-Kontrolle ermöglichen. Diese bestehen zum einen in einer adäquaten Putzzeit sowie Zahnputztechnik als auch in physikalischen Faktoren wie etwa der Zahnputzkraft (Ganss et al. 2009).

Allgemein gültige Empfehlungen für eine optimale täglich durchgeführte Mundhygiene raten zu einer zwei- bis dreiminütigen Putzzeit mit geringer Kraft (<3 N) unter der Verwendung der Bass-Technik oder ihrer Modifikation (Terézhalmy et al. 2008, Ganss et al. 2009). Ganss et al. untersuchte 2009 in einer breit angelegten Studie an 103 uninstruierten Probanden, ob diese Empfehlungen bei der täglichen Mundhygiene tatsächlich umgesetzt werden. Es zeigte sich, dass nur 25,2 % der Probanden zweimal täglich für mindestens 120 Sekunden und einer Zahnputzkraft unter 3 N mit zirkulierenden und vertikalen Putzbewegungen ihre Zähne putzten. Keiner der Probanden benutzte dabei die modifizierte Bass-Technik. Die Studienergebnisse zeigen zudem, dass eine große Varianz besteht zwischen den individuellen Mundhygieneverhaltensweisen von Patienten.

Um die Plaquereduktionsleistung der Zahnputzmittel als einzige Variable beurteilen und miteinander vergleichen zu können, war es daher wichtig innerhalb der klinischen Studie andere variable Faktoren, die zusätzlich die Mundhygieneeffektivität beeinflussen, aufzuzeigen und zu vereinheitlichen. Die Probanden wurden daher auf eine einheitliche Putzzeit, Putztechnik und Putzkraft kalibriert.

Verschiedene Studien bestätigten die enge Korrelation von Putzzeit und einer damit erreichten Plaquereduktion (Van der Weijden et al. 1993, Terézhalmy et al. 2008). Demnach soll desto mehr Plaque entfernt werden, je länger die Putzzeit ist. Der größte Reinigungseffekt lässt sich nach einer Putzzeit von 30 Sekunden pro Quadrant, also gesamt nach 120 Sekunden feststellen (Van der Weijden et al. 1993). Eine Putzzeit von mindestens zwei bis drei Minuten wird daher generell empfohlen (Terézhalmy et al. 2008, Ganss et al. 2009). Durchschnittliche Putzzeiten von Patienten liegen allerdings zumeist darunter. Ganss et al. (2009) ermittelten eine durchschnittliche Zahnputzzeit von 96,6 Sekunden. Nach einer Studie von Beals et al. (2000) lag diese sogar lediglich bei nur 46 Sekunden.
In der Literatur werden bei Zahnputzmittelstudien meist Putzzeiten von zwei Minuten verwendet (Paraskevas et al. 2006, Paraskevas et al. 2007, Zanatta et al. 2011, Zanatta et al. 2012, Rosema et al. 2013). Putzzeiten von nur einer Minute (Toto und Rapp 1972, Eid und Talic 1991, Volpenhein et al. 1997, Prasad et al. 2011) sollen in Studien die im Alltag durchschnittlich angewandte Putzzeit simulieren. Auch wird eine empfohlene Putzzeit von drei Minuten (Parizotto et al. 2003) in Studien verwendet, diese Zeit ist jedoch meist ein unrealistisches Ziel im Putzalltag. Der größte Reinigungseffekt lässt sich nach einer Putzzeit von 30 Sekunden pro Quadrant feststellen (Van der Weijden et al. 1993). Dies entspricht einer Gesamtputzzeit von zwei Minuten. Da dies außerdem die empfohlene und im Putzalltag realistisch umsetzbare Putzzeit darstellt, wurde sie aus diesen Gründen in der vorliegenden Studie verwendet.

Patienten putzen nicht nur in einer geringeren Zeit als empfohlen ihre Zähne, sondern reinigen dabei auch ineffektiv die sogenannten Risikozähne und -zahnflächen. Die mit einer Zahnbürste meist nur schwer zu erreichenden Bereiche stellen vor allem die approximalen und gingivalen Flächen der Prämolaren und Molaren dar (Terézhalmy et al. 2008). Wichtig bei der täglichen Zahnpflege ist daher ein systematisch durchgeführter Putzvorgang, um alle Zahnbereiche effektiv reinigen zu können (Rateitschak et al. 1989). Die in der Studie verwendeten Putztechniken (Horizontales Schrubben, Bass-Technik und Stillman-Technik)

sind laut Literatur die von Patienten am häufigsten benutzen Putzbewegungen (Ganss et al. 2009). Viele Autoren vertreten in der Literatur den Standpunkt, dass keine der oben beschriebenen Zahnputzmethoden einer anderen in Bezug auf die Reinigungsleistung überlegen ist (Robinson 1976, Jepsen 1998, Loe 2000, Davies et al. 2003).

In Zahnputzmittelstudien wird in der Regel nur eine bestimmte Zeitangabe als Putzanweisung vorgeben, die dann meist supervidiert wird (Volpenhein et al. 1997, Parizotto et al. 2003, Paraskevas et al. 2006, Jayakumar et al. 2010, Zanatta et al. 2011, Zanatta et al. 2012). Die Probanden putzen dann meist in ihrer gewohnten Weise mit den Testmaterialien ihre Zähne. Problematisch ist jedoch hier, dass in diesem Falle meist bestimmte Zahnbereiche wie etwa die lingualen Zahnflächen, wie auch bei der häuslichen Mundhygiene, nur unzureichend gereinigt werden (Claydon und Addy 1996). Zudem bestehen auch große Varianzen in der Durchführung der täglichen Mundhygiene innerhalb einer Probandengruppe, was die exakte Evaluation der Reinigungseffektivität von Zahnputzmitteln erschweren würde.

Um die Variablen Putzzeit, Putztechnik und Putzsystematik zusammenführend zu vereinheitlichen, wurde den Probanden in der vorliegenden Studie ein zweiminütiges Putzvideo in der Untersuchungssitzung demonstriert, welches in einer systematischen Vorgehensweise die drei Putztechniken pro Situs in Echtzeit simulierte. Die Putzzeiten pro Situs und Flächen (2 Minuten insgesamt, 30 Sekunden pro Quadrant, je 15 Sekunden bukkal und oral) wurden analog zu den Studien von Paraskevas et al. (2006, 2007) festgesetzt. Jedoch putzten die Probanden in der vorliegenden Studie nicht in ihrer gewohnten Art und Weise, sondern es wurden die 15 Sekunden Putzzeit pro Situs aufgeteilt in je fünf Sekunden für eine der drei Putztechniken, um so die Variable Putztechnik zu vereinheitlichen. Dadurch konnten einheitliche Testbedingungen geschaffen werden und zudem intraindividuelle Unterschiede und Fehlerquellen im Putzverhalten der Probanden minimiert werden.
Damit sich die Probanden anfangs mit den neuen Putztechniken vertraut machen konnten, wurden ihnen die beiden Putzvideos auf einer DVD mit nach Hause gegeben. So konnte gewährleistet werden, dass alle Probanden die drei verschiedenen Putztechniken innerhalb des Putzvideos während der Untersuchungssitzung gleichermaßen gut befolgen konnten.

Neben der Putzzeit und der Putztechnik besitzt auch die Kraft, die beim Putzen mit einer Zahnbürste aufgebracht wird, einen Einfluss auf die Plaquereduktion. In der Literatur wird für Handzahnbürsten eine Putzkraft von 300g (2,94 N) empfohlen (Hasegawa 1992, Van der Weijden et al. 1996, Ganss et al. 2009). Andere Studien befanden eine Putzkraft von 400g (3,92 N) für eine Handzahnbürste als empfehlenswert (Van der Weijden et al. 1998). Analog zu der Studie von Lang et al. (2014) wurde in der vorliegenden Studie eine Putzkraft von 350g (3,43 N) verwendet. Die Kalibrierung der Probanden auf diese einheitliche Putzkraft, erfolgte anhand eines Unterkiefer-Zahnmodells, welches auf einer digitalen Waage befestigt war und dem Probanden dadurch die jeweilige Anpresskraft anzeigen konnte. Dieser Vorgang wurde vor jeder Untersuchungssitzung wiederholt.

6.1.6 Zahnputzmittel und Zahnbürste der Studie

Die in der Studie untersuchten drei Zahnputzmittel unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe, sondern auch in ihrem Abrasivitätsgrad. Der Abrasivitätsgrad wird durch den RDA-Wert angegeben. Es sollte in der vorliegenden Studie untersucht werden, ob die Zahnputzmittel in ihrem Reinigungspotenzial differieren.
Die Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening mit einem RDA-Wert von 162 besitzt den höchsten Anteil an Abrasiva, wohingegen die Zahnputztabletten von Denttabs® mit einem RDA-Wert von 35 nur gering abrasiv sind. Das Zahnputzgel Rheodol-Gel Plus besitzt laut Herstellerangaben keinerlei Abrasiva, ist von dem Abrasivitätsverhalten mit dem von Wasser gleichzusetzen und hat demzufolge einen RDA-Wert von 0. Studien bestätigten in der Vergangenheit, dass der Abrasivitätsgrad von Zahnputzmitteln keine ausschlaggebende Rolle bei der Plaque-Kontrolle spielt (Mankodi et al. 1998, Paraskevas et al. 2006). Somit sollen hochabrasive Zahnputzmittel nicht zwangsläufig zu einer besseren Plaquereduktion beitragen, dabei allerdings zusätzlich eine höhere Dentin-Abrasion und Oberflächen-anrauung verursachen (Imfeld und Sener 1999, Schemehorn et al. 2011).
Bei den in der Zahnpasta Crest®Pro-Health Whitening und in Denttabs® enthaltenden Putzkörpern handelt es sich mit Silica (Kieselerde) jeweils um die gleiche Art von Abrasiva. Die Unterschiede in den RDA-Werten resultieren aus der jeweiligen unterschiedlichen Partikelgröße des Abrasivs (Paraskevas et al. 2006).

Eine Studie von Böshagen et al. (2005) zeigte, dass die Mundhygieneeffektivität einer Denttabs®-Zahnputztablette im Vergleich zu einer „normalen“ Zahnpasta ebenbürtig ist. In

der vorliegenden Studie soll die Reinigungsleistung nun mit der einer hochabrasiven Whitening-Zahnpasta und dem bisher noch nicht klinisch erforschten Zahnputzgel Rheodol-Gel plus verglichen werden.
Mit Ausnahme der Abrasiva-Anteile, dürften die anderen Inhaltsstoffe der Zahnputzmittel keine weitere Bedeutung bei der Evaluation der jeweiligen Plaquereduktion spielen, da es sich bei der klinischen Studie um eine einmalige Untersuchungssitzung handelt. Inhaltstoffe, wie etwa das in der Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening enthaltende Zinn-Fluorid in spezieller Kombination mit Natriumhexametaphosphat, welches laut Herstellerangaben nachhaltig die Plaquebildung reduzieren und zudem extrinsische Verfärbungen beseitigen und diesen vorbeugen soll (Baig und He 2005, White et al. 2006), sind nur über längere Studienzeiträume beurteilbar und fallen aufgrund des verwendeten Studiendesigns nicht weiter in Betracht.

Die Plaque-Kontrolle ist ein komplexer Prozess, bei dem nicht nur die Zahnpasta-Zusammensetzung, sondern auch der unterschiedliche Aufbau einer Zahnbürste, wie etwa die Filamentanordnung und –härte eine Rolle spielt. Um diese zahnbürstenbezogenen Faktoren innerhalb der Probandengruppe anzugleichen, benutzten alle Probanden in der Studie die gleiche standardisierte Handzahnbürste der American Dental Association (ADA).
Bei der Evaluation der Reinigungsleistung von Zahnputzmitteln werden in den meisten klinischen Studien Handzahnbürsten verwendet (Stean und Forward 1980, Volpenhein et al. 1997, Parizotto et al. 2003, Paraskevas et al. 2006, Paraskevas et al. 2007, Creeth et al. 2009, Jayakumar et al. 2010, Zanatta et al. 2011, Zanatta et al. 2012). Einzig die Studie von Toto et al. (1972) verwendete zur Evaluation der Plaquereduktion dreier verschieden abrasiver Zahnpasten eine elektrische Zahnbürste.
Im Gegensatz zu dem 2005 veröffentlichten Cochrane Review befand das Aktuellste von 2014, dass elektrische Zahnbürsten im Vergleich zu Handzahnbürsten sowohl über kurze (1-3 Monate) als auch über längere Studienzeiträume (>3 Monate) effektiver in der Plaque- und Gingivitisreduktion sind (Yaacob et al. 2014). Die Autoren betonten jedoch abschließend, dass immer noch mit beiden Zahnbürstentypen eine effektive Plaque- und Gingivitis-Kontrolle durchgeführt werden kann (Yaacob et al. 2014).
Dass Handzahnbürsten, wenn korrekt und in einer angemessenen Putzdauer verwendet, effektiv in der Plaque-Kontrolle sind, konnten in der Vergangenheit viele Studien belegen. Dennoch verbleiben meist nach dem Zahnputzvorgang im Durchschnitt 40-60% der Plaque auf den Zahnflächen (De la Rosa et al. 1979, Slot et al. 2012). Die variierenden Werte

kommen aufgrund der unterschiedlichen Studiendesigns und in den Studien verwendeten unterschiedlichen Putzzeiten zustande, die von 48 Sekunden bis teils drei Minuten variieren. Die Industrie entwickelt stetig neue Zahnbürstentypen, mit der Intention patientenbezogene Fehlerquellen wie Putzzeit oder Putztechnik durch bessere Bürstenkonfigurationen zu kompensieren. Handzahnbürsten lassen sich anhand der Anordnung der Borstenbüschel einteilen in plane, multilevel oder auch gekreuzte Bürstentypen.

Ob innerhalb der Gruppe der Handzahnbürsten Unterschiede in der Plaquereduktion bestehen, dazu gibt es in der Literatur nur widersprüchliche Aussagen (Slot et al. 2012). Einige Studien sahen bestimmte Handzahnbürstentypen anderen in der Plaque-Kontrolle überlegen (Slot et al. 2012), wohingegen wohl der meiste Konsensus in der Literatur dahin geht, dass in der Plaquereduktion keine bestimmte Handzahnbürste einer anderen überlegen ist (Frandsen 1986, Jepsen 1998, Kant Panwar et al. 2010). Dies bestätigte auch Claydon et al. in ihren Studien (Claydon und Addy 1996, Claydon et al. 2002). Vielmehr wird betont, dass die Variable Patient die wohl bedeutsamste Einflussgröße einer effektiven Plaque-Kontrolle darstellt und dass die Mundhygieneeffektivität von der Motivation/Compliance, der Putzzeit oder auch der manuellen Geschicklichkeit des Patienten abhängig ist und somit weniger von dem Handzahnbürstendesign per se (Claydon et al. 2002).

Die Handzahnbürste, die in dieser Studie Verwendung fand, stellt eine standarisierte Referenzzahnbürste der American Dental Association (ADA) dar und besitzt ein planes, „multi-tufted“ Borstenfeld. Sowohl in klinischen Zahnbürsten- als auch in Zahnputz-mittelstudien wird meist dieser einfache Grundtyp einer Handzahnbürste benutzt, um verschiedene Zahnbürstentypen oder auch die Plaquereduktion von Zahnputzmitteln zu untersuchen (Slot et al. 2012, Rosema et al. 2013). Sie wurde aus diesen Gründen gewählt.

6.1.7 Plaqueindex der Studie

In der vorliegenden Studie wurde der modifizierte Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) unter der Verwendung von Planimetrie in der Modifikation nach Lang et al. (2011) als genügend differenzierter Plaqueindex für die Beurteilung der Reinigungs-effektivität der verschiedenen Zahnputzmittel erachtet. Gerade die Modifikationen des Navy-Plaque-Index eignen sich besonders gut für klinische Studien, die Mundhygieneprodukten evaluieren (Lang et al. 2014).

Wichtig ist, dass ein Plaqueindex in Mundhygieneprodukt-Studien die Plaque auch an besonders schwer zu reinigenden Bereichen analysiert, wie etwa an den approximalen und gingivalen Bereichen, da diese mit einem vermehrten Vorkommen von parodontalen- und kariösen Erkrankungen assoziiert sind (Rustogi et al. 1992). Aus diesem Grunde modifizierten Rustogi et al. (1992) den modifizierten Navy-Plaque-Index nach Elliott et al. (1972), indem sowohl die Felder A und C (gingivale Bereiche) als auch D und F (approximale Bereiche mesial/distal) im Vergleich zum vorherigen Index vergrößert wurden. Somit wurde jede Zahnfläche (bukkal/oral) anhand anatomischer Bezugspunkte in je neun Plaqueindexfelder eingeteilt. Dies erlaubt anhand einer Ja/Nein-Entscheidung die Beurteilung der Plaqueanlagerung.
Nachteilig ist jedoch, dass dieser Plaqueindex klinisch sehr aufwendig zu erheben ist, denn der Auswerter entscheidet chairside bei einem vollständigen Gebiss bei über insgesamt 576 Zahnfeldern über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Plaque. Dazu muss sich der Auswerter auf jeder Zahnfläche die neun Felder imaginär vorstellen können, welches gerade im Bereich der unteren Prämolaren aufgrund der kleinen Zahnoberflächen und den damit sehr kleinen Feldern A-F schwierig ist (Claydon und Addy 1995).
Aus diesem Grunde wählten Claydon und Addy (1995) als modifiziertes Prozedere zur Erhebung der Plaqueanlagerung eine planimetrische Bestimmungsmethode. Die Auswertung anhand des modifizierten Navy-Plaque-Index nach Rustogi et al. (1992) erfolgte mit Hilfe von transparenten Deckschablonen außerhalb der Klinik. Durch die planimetrische Dokumentation kann somit die Untersuchungszeit während der Studiensitzung auch im Sinne des Probanden deutlich reduziert werden.

In der vorliegenden Studie erfolgte die Auswertung nicht mittels Deckschablonen, da die Feldereinteilung des Plaqueindex pro Zahn anhand individueller anatomischer Bezugspunkte erfolgen sollte. Dementsprechend wurden die Indexfelder auf die entwickelten intraoralen Fotos manuell gezeichnet, wodurch eine exakte Feldereinteilung des Index gewährleistet werden konnte.
Studien, welche die Messempfindlichkeit von verschiedenen Plaqueindizes untersuchten, befanden das planimetrische Verfahren am geeignetsten, um auch kleine Unterschiede in den Plaquemengen detektieren und analysieren zu können (Quirynen et al. 1991). Dies ist gerade für Zahnputzmittelstudien von großer Bedeutung, da dadurch die Reinigungs-effektivität detailliert beurteilt werden kann.

Weitere Modifikationen des modifizierten Navy-Plaque-Index wie etwa die nach Lang et al. (2011), welche in der vorliegenden Studie Verwendung fand, ermöglichen zudem auch bei diesem Plaqueindex eine graduelle, differenzierte Plaque-Beurteilung, weg von einer Ja/Nein-Entscheidung und hin zu einer Gradeinteilung von 0 bis 2. Lang et al. (2011) befanden das dreigradige System als deutlich aussagekräftiger und differenzierter als im Vergleich zu einer bloßen Ja/Nein-Plaque-Beurteilung des alten Index. Denn so kann jedes Zahnfeld detailliert beurteilt werden, ob dieses frei, mindestens halb oder mehr als halb von Plaque bedeckt ist. Auch diese Autoren verwendeten bei der Erhebung des modifizierten Navy-Plaque-Index eine indirekte Auswertungsmethode mittels intraoraler Fotos, um die Reinigungswirkung eines Polyurethan-Kauschaums beurteilen zu können.

In den meisten klinischen Studien, welche die Reinigungseffektivität von Zahnputzmitteln untersuchten, wurde der Quigley-Hein-Index (QHI) modifiziert nach Turesky (1970) bzw. auch nach Lobene (1982) verwendet (siehe Tab.6.2). Bei den modifizierten Formen des QHI wird jede Zahnfläche (bukkal/lingual) in drei Felder eingeteilt. Trotz der graduellen Plaque-Beurteilung dieses Plaqueindexes in den Graden 0-5 (0=keine Plaque, 5=Plaqueausdehnung bis ins koronale Zahndrittel), gilt er als nur unzureichend für die Beurteilung der approximalen und sulkulären Plaque (Hellwig et al. 2009). Die kürzere klinisch direkte Auswertungsmethode ist bei diesem Index sicher von Vorteil, welcher wahrscheinlich auch daher in den meisten Zahnputzmittelstudien Anwendung findet.

6.2 Plaquereduktion

Die vorliegende Studie ist die einzige ihrer Art, die die Reinigungseffektivität von drei unterschiedlich abrasiven Zahnputzmitteln unter der Verwendung des planimetrischen Plaqueindex in der Modifikation nach Lang et al. (2011) sowohl zum Prebrush- als auch zum Postbrush-Zeitpunkt betrachtet und abschließend miteinander vergleicht. Dabei wurde versucht, alle zusätzlichen die Plaque-Kontrolle beeinflussenden Faktoren während der Untersuchungszyklen zu vereinheitlichen, um letzten Endes den Einfluss des jeweiligen Zahnputzmittels als einzige Variable analysieren zu können.
Die erreichte Reinigungsleistung über alle gemessenen Zahnflächen lag bei allen drei Zahnputzmitteln im Durchschnitt bei knapp über 50%. (Zahnpasta: 51%, Denttabs®: 54%, Gel: 52 %). Als Reinigungsleistung wurden alle Konstellationen definiert, bei denen sich der Plaqueindex nach Anwendung des Zahnputzmittels verbessert. Im Umkehrschluss bedeutet dies jedoch nicht, dass in über der Hälfte der Fälle plaquefreie Areale zum Postbrush-Zeitpunkt festzustellen waren.

Betrachtet man ausschließlich sämtliche plaquefreien Areale zum Postbrush-Zeitpunkt, so waren insgesamt durchschnittlich nach der Anwendung von Zahnpasta 54%, bei Denttabs® 56% und dem Gel 54% der Zahnfelder frei von Plaque. Dass heißt, dass die anderen knapp 50% der Zahnfelder immer noch gewisse Plaquemengen aufwiesen. Andere Studien bestätigten bereits, dass nach einem einmalig durchgeführten Zahnputzvorgang immer noch im Durchschnitt 40-60% der Plaque auf den Zahnflächen verbleiben (De la Rosa et al. 1979, Slot et al. 2012).
Die erreichte Plaquereduktion in allen Kieferbereichen und Zahnfeldern bewegte sich bei allen Zahnputzmitteln und untersuchten Bereichen durchschnittlich bei einem Indexpunkt. Obwohl im bukkalen Situs des Oberkiefers zwar über 50% der Zahnfelder um einen Indexpunkt reduziert wurden, erfuhren dagegen über 70% der Zahnfelder im palatinalen Situs keinerlei Reinigung. Auch der linguale Bereich wurde mit über 50% bis knapp 60% nicht gereinigten Zahnfeldern damit insgesamt am zweitschlechtesten gereinigt. Das mag zum einen daran liegen, dass diese Bereiche mit einer Handzahnbürste nur schwer zugänglich sind, zum anderen war bereits die Plaqueausgangsbelastung vor allem im palatinalen Situs sehr gering, was möglicherweise mit der natürlichen Reinigungsfunktion der Zunge schon während der Plaqueakkumulationsphase in Verbindung gebracht werden kann.

Im bukkalen Situs des Oberkiefers reinigten die Zahnpasta und Denttabs® gleich effektiv, während Denttabs® im Vergleich zu dem Zahnputzgel im Endeffekt jedoch besser reinigte. Für die Risikozahnfelder war der Unterschied zwischen den drei Zahnputzmitteln hingegen insignifikant. Dieser Teilbereich besitzt deswegen eine hohe Aussagekraft bezüglich des Reinigungsverhaltens der Zahnputzmittel, da dieser von den Probanden mit am besten, da am kontrolliertesten, geputzt werden konnte. Die Studienteilnehmer mussten für sie teils neue und ungewohnte Putztechniken anhand des Videos während der Untersuchungszyklen anwenden. Neue Putztechniken lassen sich laut Studienlage nur sehr langsam erlernen (Gibson und Wade 1977). Im bukkalen Situs fiel es den Probanden mit am leichtesten diese kontrolliert in der vorgegebenen Zeit anzuwenden. Auch die Plaqueausgangsbelastung war in diesem Bereich am höchsten, sodass der Reinigungseffekt der Zahnputzmittel hier am deutlichsten beurteilt werden kann.

Betrachtet man die Risikozahnfelder der untersuchten Zahnflächen, so wurden die Felder entlang des Gingivalsaumes (ABC) von allen drei Zahnputzmitteln konstant besser gereinigt als die approximalen Bereiche (DF). Dies ist nicht weiter verwunderlich, da dieser Bereich für eine Zahnbürste nur schwer zugänglich ist. Dies bestätigte bereits eine Studie von Van der Weijden et al. (1993). Daher vermag hier auch generell keine der drei in der Studie verwendeten Zahnputztechniken (vertikal, horizontal, zirkulär) eine adäquate Reinigung der approximalen Zahnflächen zu erzielen (Loe 2000). Bei den konventionell flach getrimmten Handzahnbürsten, die auch in dieser Studie Verwendung fanden, soll zudem der „blocking effect“ durch die festen Borstenbüschel dafür verantwortlich sein, dass die Borsten nur schlecht die approximalen Zahnflächen erreichen (Slot et al. 2012).

Dass eine Handzahnbürste, unabhängig vom Gebrauch eines Zahnputzmittels, bereits generell zu einer adäquaten Plaque-Kontrolle führt, zeigte das Review von Slot et al. (2010). Wurde in den Studien zur Beurteilung der Reinigungseffektivität der Navy-Plaque-Index verwendet, so ließ sich eine durchschnittliche Reinigungsleistung einer Handzahnbürste von 53% feststellen. Wurde eine Handzahnbürste mit planem Borstenfeld verwendet, wie auch in der vorliegenden Studie, so betrug die durchschnittliche Plaquereduktion 47%.
In einer Studie von Van der Weijden et al. (1993) wurden nach einem zweiminütigen Zahnputzvorgang mit einer Handzahnbürste und ohne Zahnpasta bereits 66,6% der Plaque entfernt. Die Ergebnisse zeigen damit ähnliche Plaquereduktionswerte mit einer

Handzahnbürste wie die der vorliegenden Studie. Jedoch wurden diese Ergebnisse bereits in Kombination mit den drei untersuchten Zahnputzmitteln erzielt. Es stellt sich daher die Frage, ob die Zahnputzmittel überhaupt zu einer bedeutenden Plaquereduktion während der Untersuchungszyklen beitrugen, oder ob der Gebrauch der Handzahnbürste per se auch zu ähnlichen Ergebnissen geführt hätte.

In dieser klinischen Studie sollten jedoch zunächst die Arbeitshypothesen dahingehend überprüft werden, welchen konkreten Einfluss die unterschiedlich stark abrasiven Zahnputzmittel auf die Plaque-Kontrolle besitzen.
In der vorliegenden Studie enthielt sowohl die Zahnpasta (RDA: 162) als auch Denttabs® (RDA: 35) jeweils die gleiche Art von Abrasiv (Silica), während das Zahnputzgel Rheodol-Gel plus völlig frei von Abrasiva war und damit dem RDA von Wasser glich.
Eid und Talic (1991) verglichen bereits in ihrer Studie die Putzeffektivität von Zahnpasta und Wasser und befanden dabei erstere effektiver (67% zu 59%) in der Plaquereduktion. Jedoch putzten sich die Probanden in dieser Studie nicht selber die Zähne. Dies erfolgte nach der Plaqueanfärbung durch eine Dentalhygienikerin. Im Vergleich zu der vorliegenden Studie differiert daher stark das Studiendesign.
Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten dagegen, dass zwischen den drei unterschiedlich abrasiven Zahnputzmitteln in der zentralen Tendenz kein gravierender Unterschied in der Reinigungsleistung bestand. Für alle untersuchten Teilbereiche ließ sich eine ähnliche prozentuale Reinigungsleistung feststellen, welche abhängig vom Situs bei Zahnpasta zwischen 23% bis 74%, bei Denttabs® zwischen 29% und 76% und bei dem Zahnputzgel zwischen 26% und 72% lag (vgl. Abb.6.1).

Abb. 6.1: Direkter Vergleich der Reinigungsleistung von Zahnpasta (links), Denttabs® (mittig) und Rheodol-Gel plus (rechts) eines Probanden zum Postbrush-Zeitpunkt

Auch Toto und Rapp (1972) verglichen in ihrer Studie drei unterschiedlich abrasive Zahnpasten in Bezug auf ihre Reinigungsleistung und zeigten abschließend, dass auch hier

alle drei Zahnpasten ungefähr im gleichen Maße signifikant die Plaque entfernten (35,5%, 36,5%, 39,9%) Die niedrig abrasive Zahnpasta reinigte, wie auch in dieser Studie, am effektivsten.
Jedoch entsprach die Einteilung der Zahnpasta in die Abrasivitätsgrade nicht der heutigen RDA- Definition. Die Autoren befanden die Zahnpasta mit einem RAD (Radioactive Dentin Abrasive) von 135/122 als niedrig, 283 als mittel und bei einem RAD von 441 und 503 eine Zahnpasta als hochabrasiv. Schon heute liegt der von der American Dental Association vorgegebene erlaubte RDA-Wert einer Zahnpasta bei maximal 250 (Schemehorn et al. 2011). Zudem ist nicht bekannt, welcher Plaqueindex zur Beurteilung der Reinigungsleistung verwendet wurde.

Mankodi et al. (1998) zeigte übereinstimmend mit dieser Studie, dass ein unterschiedlicher RDA-Wert letzten Endes ähnliche Plaquereduktionswerte erzielt. Jedoch verglichen die Autoren dazu drei unterschiedliche Zahnpasten, welche sich nicht nur in ihren RDA-Werten unterschieden, sondern auch hinsichtlich ihres enthaltenden Abrasivs. Obwohl alle drei Zahnpasten nach nur einem einminütigen Zahnputzvorgang ähnliche Plaquereduktionswerte erzielten (58-68%), reinigte die Zahnpasta (Natriumbicarbonat) mit dem niedrigsten RDA-Wert (RDA 30 bis 40) am besten, im Vergleich zu der Silica-basierten (RDA 100-110) und der Dicalciumphosphat-Dihydrat-basierten Zahnpasta (RDA 70 bis 80). Daher scheint neben der unterschiedlichen Partikelgröße der Abrasiva, die letzten Endes die Unterschiede in den RDA-Werten bedingt, auch das Abrasiv per se ein beeinflussender Faktor während der Plaque-Kontrolle zu sein.
Obwohl aufgrund des unterschiedlichen Studiendesigns kein direkter Verglich der Ergebnisse vollzogen werden kann, stimmen dennoch beide Studien in ihrer zentralen Aussage überein. Sowohl in der Studie von Mankodi et al. (1998) als auch in der vorliegenden Studie reinigten die niedrig abrasiven Zahnputzmittel mit ähnlichen RDA-Werten, z.B. Arm&Hammer Dental Care mit einem RDA:30-40 und Denttabs® mit einem RDA: 35, besser als die höher abrasiv getestete Produkte.

Dass hochabrasive Zahnpasten nicht zwangsläufig besser reinigen, bestätigte zudem ein Jahr später die In-vitro-Studie von Imfeld et al. (1999). Dabei wurde das Reinigungspotential verschiedener Whitening-Zahnpasten untersucht. Erwartungsgemäß positionierten sich die RDA-Werte dieser Zahnpasten zwischen stark bis sehr stark abrasiv. Nach dem Putzvorgang

hinterließen sie dabei deutliche Oberflächenanrauungen und Dentinabrasion, ohne dabei besser zu reinigen als herkömmliche Zahnpasten.

Eine klinische Untersuchung, die aufgrund ihres Designs eine gute Vergleichbarkeit mit den vorliegenden Ergebnissen erlaubt, stellt die Studie von Paraskevas et al. (2006) dar.
Neben unterschiedlichen RDA-Werten (RDA 80-200) enthielten die untersuchten Zahnpasten alle das gleiche Abrasiv Silica, wie auch die Zahnputzmittel dieser Studie. Nach 48-stündiger Plaqueakkumulation und einer Putzdauer von zwei Minuten (30 Sekunden pro Quadrant) zeigte sich auch hier, dass der unterschiedliche RDA-Wert keinen signifikanten Einfluss auf die erreichte Plaquereduktion hatte. Benutzt wurde auch hier eine Handzahnbürste mit planem Borstenfeld (Butler 411). Die Plaquereduktionswerte anhand des QHI in den Modifikationen von Turesky und Lobene variierten in dieser Studie zwischen 51% und 58%. Aufgrund der unterschiedlichen verwendeten Plaqueindizes ist eine direkte Vergleichbarkeit der Reinigungsleistung jedoch nicht gegeben.

Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie und der von Paraskevas et al. (2006), sowie der von Mankodi et al. (1998), konnte somit abschließend die Annahme bestätigt werden, dass der Abrasivitätsgrad keine ausschlaggebende Rolle in der Plaquereduktion zu spielen scheint. Vielmehr sehen Paraskevas et al. (2006) die mechanische Aktion durch die Handzahnbürste per se während des Putzvorgangs als Hauptfaktor für eine gute Plaque-Kontrolle an. Durch viele Studien konnte nämlich belegt werden, dass das Zähneputzen nur mit einer Handzahnbürste ohne Zahnpasta bereits eine durchschnittliche Plaquereduktion von 42% bewirkt (Slot et al. 2012) und damit ähnliche Plaquereduktionswerte erzielt wie mit dem Gebrauch von Zahnpasta.
Ob das Benutzen von Zahnpasta unabhängig vom Abrasivitätsgrad überhaupt einen zusätzlichen Effekt auf die Reinigungsleistung hat, ist derzeit in der Literatur umstritten (vgl. dazu Tabl.6.2). Plaquereduktionswerte von 50% mit und 56% ohne Zahnpastagebrauch (Paraskevas et al. 2007) wurden beobachtet. Andere Studien hingegen sahen keinen statistisch signifikanten Unterschied in der Plaquereduktion, wenn während des Putzvorganges Zahnpasta verwendet wurde oder nicht (Danielsen et al. 1989, Binney et al. 1993, Parizotto et al. 2003, Creeth et al. 2009, Zanatta et al. 2012). Die unterschiedlichen Aussagen aus klinischen Studien, die den allgemeinen zusätzlichen Reinigungseffekt von Zahnpasta untersuchten, kommen sicher auch aufgrund der teils gravierenden Unterschiede in den Studiendesigns und der verwendeten Plaqueindizes zustande.

Abschließend stellt sich jedoch die Frage, warum Denttabs® in dieser vorliegenden Studie im Endeffekt sowohl im palatinalen Situs signifikant besser als Zahnpasta und Zahnputzgel reinigte als auch im lingualen Situs besser als Zahnpasta.
Besonders die Risikozahnfelder (ABCDF) im palatinalen Situs wurden von Denttabs® und dem Zahnputzgel besser gereinigt als durch Zahnpasta. Bei der Aufspaltung der Risikozahnfelder wird jedoch deutlich, dass diese nur für den gingivalen Bereich (ABC) signifikant waren. Approximal (DF) reinigten alle drei Zahnputzmittel wieder ähnlich.
Fraglich ist, ob der palatinale Situs überhaupt eine große Aussagekraft über die Reinigungsleistung besitzt. Denn bei über 70% der Zahnfelder erfolgte unabhängig vom verwendeten Zahnputzmittel keinerlei Reinigung. Im Durchschnitt wurde durch Denttabs® der Plaqueindex des gesamten palatinalen Situs um lediglich 0,34 Indexpunkte verringert im Vergleich zu Zahnpasta (Δ0,26) und dem Gel (Δ0,29). Der Unterschied liegt hier also nur in einem Bereich von Δ0,08 bis Δ0,05 Indexpunkten und kann damit als klinisch unbedeutend eingestuft werden. Auch bei den Feldern ABC lag der Vorteil von Denttabs® (Δ0,65) gegenüber Zahnpasta (Δ0,50) nur im Bereich von Δ0,15 Indexpunkten.

Ein weiterer Vorteil von Denttabs® soll zudem auch innerhalb der Risikozahnfelder (ABCDF) des bukkalen Situs des Unterkiefers im Vergleich zur Zahnpasta liegen. Jedoch war bei der Aufspaltung in die Zahnfeldergruppen (ABC) und (DF) der Unterschied zwischen den drei Zahnputzmitteln nur noch insignifikant. Die überlegende Wirkung von Denttabs® kann hier abschließend somit in Frage gestellt werden.

Deutlicher war hingegen jedoch die erzielte Reinigung durch Denttabs® im Vergleich zur Zahnpasta bei den approximalen Zahnflächen des lingualen Situs.
Eine Hypothese könnte sein, dass aufgrund des niedrigeren RDA-Wertes von Denttabs® und der damit kleineren Partikelgröße des Silica-Abrasivs diese eher in die approximalen Bereiche gelangen. Dies würde jedoch gegen die Ansicht von Joiner et al. (2010) sprechen, welche die Wirkung der Abrasiva besonders in den approximalen Bereichen als limitierend betrachten, da diese für die Zahnbürste nur schwer zugänglich sind. Da die Abrasiva nur in Kombination mit den Bürstbewegungen der Zahnbürste ihre Wirkung erzielen, spricht dies somit abschließend gegen diese Hypothese. Ob die zu Anfang erforderliche Mastikation der Zahnputztablette bereits eine höhere mechanische Plaquereduktion in bestimmten Bereichen erzielt und eine höhere gleichmäßigere Verfügbarkeit des Zahnputzmittels bewirkt, könnte ein weiterer Aspekt sein. Auffallend war, dass die Probanden während der

Untersuchungssitzung aufgrund der geringen Schaumwirkung der Zahnputztablette, die Bestandteile länger im Mund beließen als dies im Vergleich zur Zahnpasta der Fall war. Ob diese Hypothesen tatsächlich die bessere Reinigungswirkung in bestimmten Bereichen erklären, müssten weitere Studien künftig überprüfen.

Abschließend ist daher die Überlegenheit in der Reinigungswirkung von Denttabs® gegenüber den anderen beiden Zahnputzmitteln als klinisch irrelevant einzustufen. Die bedeutendere Studienaussage ist, dass alle drei Zahnputzmittel trotz ihrer unterschiedlichen Abrasivitätsgrade eine vergleichbare Plaquereduktion bewirkten und dass diese in vielen Bereichen statistisch insignifikant war.

Studie	Probanden	Studiendesign	Plaque-Index	Zahnpasta (ZP)	Zahnbürste (ZB)	Plaque-Reduktion (%) durch Zahnpasta
Toto et al. (1972)	99	Parallel-Design	?	-Alberto Culver Excitement (RAD: 135/122) -Colgate (RDA: 283/266) -McLeans Zahnpasta (RDA: 441/503)	Elektrische Zahnbürste	Niedrig abrasiv: 60% Mittel abrasiv: 64,5% Hoch abrasiv: 63,5%
Volpenheim et al. (1997)	9	Cross-Over-Design	Digital Plaque image analysis (DPIA)	Crest Wasser	CrestComplete-Handzahnbürste	**68,4%** 40,7%
Mankodi et al. (1998)	34	Cross-Over-Design	Distal Mesial Plaque Index (DMPI)	-Arm&Hammer (RDA: 30-40) -Colgate Regular (RDA: 70-80) -Crest Regular (RDA: 100-110)	Handzahnbürste	66,9% 58,7% 58,4%
Parizotto et al. (2003)	32	Cross-Over-Design	Green and Vermillion bacterial PI	Kolynos Tandy Ohne	(Monoblock- Handzahnbürste) Handzahnbürste (Johnson's change color)	Zähne: Anterior / Posterior Mit ZP: 41,2% / 18,4% Ohne ZP: 36,6% / 18,5%
Paraskevas et al. (2006)	120	Parallel-Design	QHI mod. n. Turesky und Lobene	-Ohne -EvercleanFluor (RDA:80) -Zendium Classic (RDA:80) -Colgate Anti-Tatar plus whitening (RDA: 200)	Handzahnbürste (Butler 411)	Mit ZP / Ohne ZP 54% / **58%** 58% / **57%** 51% / **52%**
Paraskevas et al. (2007)	36	Cross-Over-Design	QHI mod. n. Turesky und Lobene	EvercleanFluor (RDA:80) Ohne	Handzahnbürste (Butler 411)	50% **56%**
Creeth et al. (2009)	47	Cross-Over-Design	QHI mod. n. Turesky und Lobene	Aquafresh Advanced Ohne	AquafreshFlex-Handzahnbürste (flat-trim, soft)	27,5% 28,5%
Jayakumar et al. (2010)	42	Cross-Over-Design	QHI mod. n. Turesky und Lobene	Zahnpasta (RDA: 68) Ohne	Handzahnbürste	57,5% **66,2%**
Zanatta et al. (2011)	25	Split-mouth	QHI mod. n. Turesky	Colgate triple action Ohne	Weiche-Handzahnbürste Mittelharte- Handzahnbürste	Zahnbürste: Soft / **Medium** Mit ZP: 67% / **78,7%** Ohne ZP: 72% / 73,2%
Zanatta et al. (2012)	24	Split-mouth	QHI mod. n. Turesky	CloseUp White Ohne	Tek Soft- Handzahnbürste	70,2% 68,5%
Rosema et al. (2013)	45	Split-mouth	QHI mod. n. Turesky	Zendium (RDA: 76) Ohne	ADA- Handzahnbürste	34,8% 36,2%
Cronin et al.	93	Cross-Over-Design	PMI	Crest Wasser	Oral-B Handzahnbürste	34,9% 38,3%

Tab.6.2:Tabelle mit veröffentlichten Studie zum Thema Plaquereduktion durch Zahnpasta, sowie durch unterschiedliche Abrasivitätsgrade

6.3 Risikoeinschätzung

Der Abrasivitätsgrad soll eine entscheidende Rolle spielen, um Plaqueanlagerungen und Verfärbungen effektiv beseitigen zu können. Speziell bei den sogenannten Whitening-Zahnpasten, welche auch in der vorliegenden Studie untersucht wurde, wird meist ein hoher RDA-Wert verwendet, um eine adäquate Reinigungsleistung erzielen zu können (Joiner 2010). Obwohl in der Vergangenheit verbesserte Putzkörper wie etwa „soft“ Silica (Joiner 2010) oder Perlit (Zantner und Kielbassa 2002) entwickelt wurden, um bei einer maximalen Reinigungsleistung nur minimale Schäden an der Zahnhartsubstanz zu verursachen (Schemehorn et al. 2011), zeigen Studien wie die von Imfeld et al. (1999), dass Whitening-Zahnpasten meist immer noch mit hohen RDA-Werten arbeiten. Aufgrund der zu „aggressiven“ mechanischen Reinigung geht die Empfehlung der Autoren sogar dahin, dass diese nicht regelmäßig von Patienten mit freiliegenden Zahnhälsen angewendet werden sollten und dass generell die empfohlene Anwendungshäufigkeit auf der Verpackung zu hoch ist.

Dass ein erhöhter Abrasivitätsgrad mit Schäden an der Zahnhartsubstanz korreliert, bestätigten bereits ältere Studien (Bjorn und Lindhe 1966, Dawson et al. 1998). Auch keilförmige Defekte sollen unter anderem die Ursache von abrasiven Zahnpasten in Kombination mit horizontalen Putzbewegungen sein (Nolden 1985). Besonders das Dentin, das weicher ist als die meisten Putzkörper, ist deutlich anfälliger für Abrasionen als der Schmelz (Hunter et al. 2002). Speziell die Zahnputzmittel, die Silica als Abrasiv enthalten, wie auch die beiden getesteten Zahnputzmittel dieser Studie, sollen besonders abrasiv zum Dentin sein (Schemehorn et al. 2011). Durch den Gebrauch einer Zahnbürste per se, sollen laut dem Review von Addy et al. (2003) jedoch keine Schäden am Schmelz und nur sehr geringe am Dentin verursacht werden.

Zwangsläufig stellt sich daher die Frage, nach dem Nutzen der Abrasiva bei der täglichen Zahnreinigung. In dieser klinischen Studie sollte überprüft werden, ob Abrasiva wirklich unerlässlich für eine effektive Plaque-Kontrolle sind und welche Bedeutung ihnen dabei zukommt. Denn ein gewisser Abrasivitätsgrad in Zahnpasten wird teils immer noch von einigen Autoren gefordert, zum einen um Plaqueanlagerungen zu entfernen und zum anderen um kosmetische Effekte zu bewirken, wie etwa durch die Entfernung der verfärbten Zahnpellikel (Dawson et al. 1998).

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ein deutlich erhöhter Abrasivitätsgrad im Endeffekt keine bessere Reinigungsleistung erzielt als ein niedrig oder vollständig abrasionsfreies Zahnputzmittel. Die niedrig abrasiven Denttabs® reinigten sogar in bestimmten Bereichen besser. Der Vorteil von Denttabs® ist, dass diese durch ihre enthaltenden Zusätze, eine Kombination aus mikrokristalliner Zellulose und Kleinstpartikelabrasiva (Böshagen et al. 2005), einen niedrigen RDA von 35 besitzen und dadurch die Zahnoberfläche polieren. Durch diesen polierenden Effekt kann eine weitere Plaqueanlagerung erschwert werden. Denn besonders auf rauen Oberflächen, die Untiefen und Rillen aufweisen und nicht selten durch hochabrasive Zahnputzmittel verursacht werden, lagern sich schnell neue Plaquebakterien an (Schemehorn et al. 2011). Eine hochpolierte Zahnoberfläche erschwert somit sowohl die Plaqueakkumulation als auch die –retention. Zudem sollen hochpolierte Zahnflächen vom kosmetischen Standpunkt her auch einen höheren Glanz bewirken und zudem nach dem Zähneputzen ein Gefühl von Sauberkeit vermitteln (Schemehorn et al. 2011).

Es besteht allgemeiner Konsensus darüber, dass nur soviel Abrasiv zum Reinigen der Zähne benutzt werden soll wie nötig ist (Schemehorn et al. 2011). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ein niedrig abrasives Zahnputzmittel mit am besten reinigte, auch teils effektiver als ein vollständig abrasionsfreies Zahnputzmittel. Daher scheint ein gewisser Abrasivitätsgrad in Zahnputzmitteln wünschenswert zu sein, welcher jedoch lediglich nur einen polierenden Effekt auf die Zahnoberfläche bewirken soll und Abrasionen dadurch so gut wie möglich vermeidet.

Das abrasionsfreie Zahnputzgel Rheodol-Gel plus, das in der vorliegenden Studie untersucht wurde, soll aufgrund seiner speziellen Inhaltsstoffe bei der Mundpflege von Patienten eingesetzt werden, welche aufgrund ihrer Erkrankung unter Schluckbeschwerden und/oder Xerostomie leiden. Auch kann es bei der Mundpflege von intensivmedizinisch versorgten Patienten in Krankenhäusern eingesetzt werden. Durch die speziellen enthaltenden Zusätze wie etwa Chitosan soll die Mundschleimhaut nachhaltig geschützt und gepflegt werden. Eine neuere Studie (Mohire und Yadav 2010) bestätigte die antimikrobiellen und antiplaque Eigenschaften von Chitosan, indem es auch nachträglich das Bakterienwachstum hemmt. Zudem soll es die Wundheilung fördern und den Speichelfluss erhöhen. Die Autoren befanden daher die eigens für die Studie neu entwickelte auf Chitosan basierende Zahnpasta als ein vielversprechendes Zahnputzmittelprodukt der Zukunft.

Auch die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass das vollständig abrasionsfreie Rheodol Gel plus in der Lage ist, eine Plaquereduktion zu bewirken, die mit der von Zahnpasta und Denttabs® klinisch vergleichbar ist. Das Rheodol-Gel plus hat also nicht nur den Vorteil der Pflege und den Schutz der Mundschleimhaut, sondern kann womöglich auch als Zahnputzmittel für eine effektive Plaque-Kontrolle anerkannt werden. Dies müssten jedoch durch weitere Untersuchungen über längere Studienzeiträume bestätigt werden. Denn für die Bewertung eines Zahnputzmittel sind neben der sofortigen Plaquereduktion auch andere Faktoren essentiell, wie etwa die nachträgliche Beeinflussung der Plaqueformationsrate (Forward 1991).

Die in der Studie getestete hochabrasive Whitening-Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening zeigte trotz ihres sehr hohen RDA-Wertes keine signifikant höhere Plaquereduktion. Bei den sogenannten Whitening-Zahnpasten sollte daher in Zukunft weniger auf hohe Putzkörperanteile gesetzt werden, um auch speziell extrinsische Zahnverfärbungen zu entfernen, sondern mehr durch den Zusatz alternativer Wirkstoffe, um eine gewünschte Zahnaufhellung bewirken zu können (Imfeld und Sener 1999, Zantner und Kielbassa 2002).
Zusammenfassend können anhand der Studienergebnisse die Arbeitshypothesen dahingehend bestätigt werden, dass der Abrasivitätsgrad keine bedeutende Rolle bei der Plaque-Kontrolle zu spielen scheint. Weitere Untersuchungen sollten jedoch in Zukunft prüfen, ob die Anwendung dieser drei untersuchten Zahnputzmittel auch über längere Studienzeiträume diese Ergebnisse stützen.

Bei der Entwicklung neuer Zahnputzmittel sollte daher, wie auch schon Paraskevas et al. (2007) forderten, in Zukunft der Trend weg von abrasiven Putzkörpern und hin zu einer neuen Zahn- und Mundpflegecreme mit neuen verbesserten Inhaltsstoffen gehen, um Schäden an der Zahnhartsubstanz maximal zu vermeiden und eine effektive Plaque-Kontrolle zu ermöglichen. Denn allein durch die Bürstaktion einer Zahnbürste kann bereits eine effektive mechanische Plaque-Kontrolle bewirkt werden, welche erwiesenermaßen durch den Zusatz von Zahnpasta nicht zwangsläufig verbessert wird (Paraskevas et al. 2006, Paraskevas et al. 2007). Daher kann das Zahnputzmittel per se andere Aufgaben erfüllen ohne dabei durch hohe Putzkörperanteile zusätzlich die mechanische Plaquereduktion unterstützen zu wollen.

Zudem ist heutzutage die Zahnputzmittelindustrie aufgrund der vermehrten Entstehung von keilförmigen Defekten, Hypersensibilitäten und erosiven Zahnschäden, verursacht durch säurehaltige Getränke und Nahrungsmittel (Attin 1999), vor neue Herausforderungen gestellt. Abrasiva stellen aufgrund ihrer mechanischen Wirkung für diese Bereiche keine Lösungsoption dar. Daher sollte vielleicht künftig über andere Ansätze für die Entwicklung neuer Zahnputzmittel nachgedacht werden, als über Partikelgröße und Putzkörperanteile für eine bessere Plaque-Kontrolle. Schäden an der Zahnhartsubstanz könnten dadurch in Zukunft maximal vermieden werden.

7. Zusammenfassung

In dieser klinischen Studie sollte anhand eines Cross-over-Designs überprüft werden, ob es einen Unterschied in der Plaque-Kontrolle von drei verschiedenen Zahnputzmitteln gibt, die sich nicht nur hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, sondern auch in ihrem Abrasionsgehalt und somit in ihren RDA-Werten unterscheiden.
Als Testprodukte verwendet wurden zum einen die hochabrasive Zahnpasta Crest® Pro-Health Whitening (Procter&Gamble, Ohio, USA) (RDA: 162), die Zahnputztablette Denttabs® (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH, Berlin-D) mit einem RDA von 35 und das Zahnputzgel Rheodol-Gel plus (ORMED- Institute for Oral Medicine at the University of Witten/Herdecke und Wachendorff-Chemie Troisdorf-D), das vollständig abrasionsfrei war (RDA: 0). Sowohl die Zahnpasta als auch Denttabs® besaßen das gleiche Abrasiv Silica. An der Studie nahmen insgesamt 22 Probanden teil.

Nach einer Plaqueakkumulationszeit von 72 Stunden (three-day-plaque-regrowth), gemessen nach einer vorausgegangenen durchgeführten professionellen Zahn-reinigung, putzten sich die Probanden anhand eines ihnen vorgeführten Putzvideos, das drei verschiedene Putztechniken beinhaltete, in einer vorgegebenen Putzsystematik für zwei Minuten mit einer Putzkraft von 3,43 N (350g) und jeweils mit einem der drei Zahnputzmittel ihre Zähne. Verwendet wurde dabei eine standarisierte Handzahnbürste der American Dental Association (ADA) mit planem Borstenfeld. Im Abstand einer Wash-out-Phase von zwei Wochen wurde so identisch für die anderen Zahnputzmittel verfahren. Insgesamt konnten somit einheitliche Studienvoraussetzungen geschaffen werden, um die erreichte Plaquereduktionsleistung pro Zahnputzmittel unabhängig von anderen die Plaque-Kontrolle beeinflussenden Faktoren untersuchen zu können.

Um die Reinigungsleistung des jeweiligen Zahnputzmittels evaluieren zu können, wurden nach dem three-day-plaque-regrowth zunächst die Plaqueausgangswerte (Prebrush-Zeitpunkt) und anschließend die Plaquewerte nach dem zweiminütigen Putzvorgang (Postbrush-Zeitpunkt) anhand des modifizierten Navy-Plaque-Index (Mod. nach Claydon und Addy 1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011) mittels intraoraler Planimetrie-Fotografie dokumentiert.
Pro Proband entstanden somit insgesamt sechs Messreihen (Prebrush-/Postbrush-Zeitpunkt pro Zahnputzmittel). Bewertet wurden dabei alle vestibulären und oralen Zahnflächen der

Zähne bis einschließlich der ersten Molaren. Im Anschluss erfolgte die verblindete Auswertung. Die Plaquewerte wurden über alle Zahnfelder (A-I) der zu untersuchenden Zähne und deren Risikozahnfelder analysiert, sowie für bestimmte Kieferteilbereiche (Oberkiefer bukkal/palatinal, Unterkiefer bukkal/lingual) statistisch ausgewertet.

Die Ergebnisse zeigen eine hochsignifikante Reinigungsleistung in allen untersuchten Bereichen und Zahnfeldern für alle drei Zahnputzmittel. Das abrasionsfreie Zahnputzgel reinigte in vielen Bereichen genauso effektiv wie die hochabrasive Zahnpasta und die mittelabrasive Denttabs®-Zahnputztablette. Die durchschnittliche Reinigungsleistung (PI(Pre)-PI(Post)) lag für Zahnpasta bei 51 %, für Denttabs® bei 54% und bei dem Zahnputzgel bei 52%. Der Unterschied war in vielen Bereichen insignifikant. Es konnte somit abschließend gezeigt werden, dass der RDA-Wert keinen signifikanten Einfluss auf die Reinigungsleistung hat. Vielmehr reinigte beim Vergleich der Zahnputzmittel Denttabs® sowohl im palatinalen Situs signifikant besser als Zahnpasta und das Zahnputzgel als auch im lingualen Situs besser als Zahnpasta. Der Unterschied zum Zahnputzgel war hier insignifikant.

Betrachtet man die Risikozahnfelder entlang des Gingivalsaumes (ABC) und der approximalen Bereiche (DF), die mit einem vermehrten Vorkommen parodontaler und kariöser Erkrankungen assoziiert sind, so wurden auch diese Bereiche durch alle drei Zahnputzmittel signifikant von Plaque gereinigt, wobei die letzteren im Durchschnitt zum Postbrush-Zeitpunkt höhere Plaquemengen aufwiesen. Auch Denttabs® reinigte hier ausgenommen des bukkalen Situs des Oberkiefers die Risikozahnfelder insgesamt besser als die hochabrasive Zahnpasta.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die unterschiedlich abrasiven Zahnputzmittel fast im gleichen Maße die Zahnplaque reduzierten. Das niedrig abrasive Zahnputzmittel Denttabs® reinigte in bestimmten Bereichen sogar effektiver. Dieser Vorteil ist jedoch insgesamt als klinisch irrelevant einzustufen. Damit scheinen andere Faktoren wie etwa die Bürstaktion einer Zahnbürste während des Putzvorgangs bei einer effektiven Plaque-Kontrolle eine bedeutendere Rolle zu spielen als ein hoher RDA-Wert, welcher zu Schäden an der Zahnhartsubstanz führen kann.

8. Summary

The purpose of this clinical study was to evaluate the instant cleaning efficacy of the dentifrice Crest® Pro-Health Whitening (Procter&Gamble, Ohio, USA) (RDA: 162), an oral hygiene agent in tablet form called Denttabs® (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH, Berlin-D) (RDA:35) and the newly developed oral hygiene gel Rheodol-Gel plus (ORMED-Institute for Oral Medicine at the University of Witten/Herdecke and Wachendorff-Chemie Troisdorf-D) (RDA:0). The three tested products varied not only with regard to their ingredients but also to the relative dentin abrasivity (RDA). Both, the dentifrice and Denttabs®, contained the same abrasive (silica).

In all, 22 healthy participants took part in the crossover design study. After a professional cleaning, the subjects were asked to abstain from any means of oral hygiene for three days (three-day-plaque-regrowth). Before and after toothbrushing plaque was assessed for each product according to the modified Navy-Plaque-Index (Claydon and Addy 1995) in a modification by Lang et al. (2011) by using an intraoral planimetric-photography method.

The subjects were randomly assigned to one of the oral hygiene products and a new flat, trimmed manual reference toothbrush of the American Dental Association (ADA). Subsequently, they were asked to brush their teeth with a brushing force of 3,43 N (350g) according to a video containing three different brushing techniques. The brushing time for the whole mouth was two minutes. After a washout period of two weeks, the same procedure was repeated for the other two products.
All in all, the design of the study allowed to evaluate the effect of the different oral hygiene products on the plaque reduction by controlling several factors which normally are interacting during the toothbrushing process.
For each patient at each session (pre- and postbrushing), mean full-mouth plaque indices (A-I), except second and third molar, were additionally analysed to special risk surfaces and quadrants (upper jaw vestibular/palatinal, lower jaw vestibular/lingual).

The overall results in most of the tested regions show no significant difference in the plaque-control of one of the three tested products. The instant mean plaque reduction (PI(Pre)-PI(Post)) achieved by brushing with dentifrice, Denttabs® and gel was 51%, 54% and 52%.
Therefore, it can be concluded that the level of the RDA-value does not seem to play an

important role in the instant plaque removing process. However, Denttabs® with a low abrasive value of 35 was significantly more efficient in removing plaque from the palatinal side of the upper jaw compared to dentifrice and gel. On top of that the statistical analysis was in favour of Denttabs® at the lingual side of the lower jaw, whereas no differences could be found compared to the gel.

By considering the risk surfaces of the gingival margin (ABC) and approximal sides (DF) of the teeth, which are often associated with an increased potential of gingival inflammation and carious lesions, all three products had a significant reduction in mean plaque values. The approximal sides were less cleaned. Denttabs® had the most significant potential in cleaning these risk surfaces compared to the highly abrasive dentifrice, except the region of the vestibular side of the upper jaw.

Based on the results of this study, it can be concluded that the level of abrasivity does not contribute to an increased removal of plaque with a manual toothbrush but it is rather in favour of the low abrasive oral hygiene product Denttabs®. But finally, this advantage can be classified as clinically irrelevant. Therefore, the mechanical action provided by the toothbrush seems to be one of the main factors in the plaque-controlling process.

9. Literaturverzeichnis

1. Addy M, Moran JM. Clinical indications for the use of chemical adjuncts to plaque control: chlorhexidine formulations. Periodontol 2000. 1997;15:52-4.

2. Addy M, Hughes J, Pickles MJ, Joiner A, Huntington E. Development of a method in situ to study toothpaste abrasion of dentine. Comparison of 2 products. J Clin Periodontol. 2002;29:896-900.

3. Addy M, Hunter ML. Can tooth brushing damage your health? Effects on oral and dental tissues. Int Dent J. 2003;53 Suppl 3:177-86.

4. Allen DR, Battista GW, Petrone DM, Petrone ME, Chaknis P, DeVizio W. The clinical efficacy of Colgate Total Plus Whitening Toothpaste containing a special grade of silica and Colgate Total Fresh Stripe Toothpaste in the control of plaque and gingivitis: a six-month clinical study. J Clin Dent. 2002;13:59-64.

5. Attin T. Erosion und Abrasion von Zahnhartsubstanz-Einflußfaktoren, Pathogenese und Therapie. Dtsch Zahnärztekalender. 1999;58:1-31.

6. Axelsson P. Concept and practice of plaque-control. Pediatr Dent. 1981;3:101-12.

7. Baig A, He T. A novel dentifrice technology for advanced oral health protection: A review of technical and clinical data. Compend Contin Educ Dent. 2005;26:4-11.

8. Beals D, Ngo T, Feng Y, Cook D, Grau DG, Weber DA. Development and laboratory evaluation of a new toothbrush with a novel brush head design. Am J Dent. 2000;13:5a-14a.

9. Binney A, Addy M, Newcombe RG. The plaque removal effects of single rinsings and brushings. J Periodontol. 1993;64:181-5.

10. Bjorn H, Lindhe J. Abrasion of dentine by toothbrush and dentifrice. A methodological study. Odontol Revy. 1966;17:17-27.

11. Böshagen C, Eifler H, Gängler P. Klinische Bewertung der Mundhygieneeffektivität einer Zahnputztablette. Zahnarzt und Praxis. 2005;8:420-4.

12. Burgett FG, Ash MM, Jr. Comparative study of the pressure of brushing with three types of toothbrushes. J Periodontol. 1974;45:410-3.

13. Cancro LP, Fischman SL. The expected effect on oral health of dental plaque control through mechanical removal. Periodontol 2000. 1995;8:60-74.

14. Claydon N, Addy M. The use of planimetry to record and score the modified Navy index and other area-based plaque indices. A comparative toothbrush study. J Clin Periodontol. 1995;22:670-3.

15. Claydon N, Addy M. Comparative single-use plaque removal by toothbrushes of different designs. J Clin Periodontol. 1996;23:1112-6.

16. Claydon N, Addy M, Scratcher C, Ley F, Newcombe R. Comparative professional plaque removal study using 8 branded toothbrushes. J Clin Periodontol. 2002;29: 310-6.

17. Claydon NC. Current concepts in toothbrushing and interdental cleaning. Periodontol 2000. 2008;48:10-22.

18. Creeth JE, Gallagher A, Sowinski J, Bowman J, Barrett K, Lowe S. The effect of brushing time and dentifrice on dental plaque removal in vivo. J Dent Hyg. 2009;83:111-6.

19. Cronin MJ, Dembling WZ, Jacobs DM, Low ML, Weber DA. Relative role of dentifrice and the toothbrush in plaque removal. New Institutional Service Company, Northfield, New Jersey, USA; Oral-B Laboratories, Belmont, California, USA [cited 2014 19.September]. Available from: http://www.dentalcare-de.de/media/de-DE/research_db/pdf/indicator/low_572.pdf.

20. Dadkhah M, Chung N, Ajdaharian J, Wink C, Klokkevold P. Effects of a novel dental gel on plaque and gingivitis: A comparative study. Dentistry. 2014;4:2161-1122.1000239.

21. Danielsen B, Baelum V, Manji F, Fejerskov O. Chewing sticks, toothpaste, and plaque removal. Acta Odontol Scand. 1989;47:121-5.

22. Davies RM, Davies GM, Ellwood RP. Prevention. Part 4: Toothbrushing: what advice should be given to patients? Br Dent J. 2003;195:135-41.

23. Davies RM. Toothpaste in the control of plaque/gingivitis and periodontitis. Periodontol 2000. 2008;48:23-30.

24. Davis W. The cleansing, polishing and abrasion of teeth and dental products. Cosmetic science. 1978;1:39-81.

25. Davis WB. Cleaning and polishing of teeth by brushing. Community Dent Oral Epidemiol. 1980;8:237-43.

26. Dawson P, Walsh J, Morrison T. Dental stain prevention by abrasive toothpastes: A new in vitro test and its correlation with clinical observations. J Cosmet Sci. 1998;49:275-83.

27. De la Rosa M, Zacarias Guerra J, Johnston DA, Radike AW. Plaque growth and removal with daily toothbrushing. J Periodontol. 1979;50:661-4.

28. Denda S. Plaque- und Gingivitiskontrolle – Vergleich einer Ultraschallzahnbürste mit einer Handzahnbürste [Dissertation]: Universität Witten/Herdecke; 2011.

29. Eid MA, Talic YF. A clinical trial on the effectiveness of professional toothbrushing using dentifrice and water. Odontostomatol Trop. 1991;14:9-12.

30. Elliott JR, Bowers GM, Clemmer BA, Rovelstad GH. Evaluation of an oral physiotherapy center in the reduction of bacterial plaque and periodontal disease. J Periodontol. 1972;43:221-4.

31. Fischman SL. The history of oral hygiene products: how far have we come in 6000 years? Periodontol 2000. 1997;15:7-14.

32. Forward GC. Role of toothpastes in the cleaning of teeth. Int Dent J. 1991;41:164-70.

33. Forward GC, James AH, Barnett P, Jackson RJ. Gum health product formulations: what is in them and why? Periodontol 2000. 1997;15:32-9.

34. Fraleigh CM, MC Elhaney JH, Heiser RA. Toothbrushing force study. J Dent Res. 1967;46:209-14.

35. Frandsen A. Mechanical oral hygiene practices. In: Löe H, Kleinman, D.V., editors. Dental Plaque Control Measures and Oral Hygiene Practices. Oxford, Washington DC: IRL Press; 1986. p. 93-116.

36. Furuichi Y, Lindhe J, Ramberg P, Volpe AR. Patterns of de novo plaque formation in the human dentition. J Clin Periodontol. 1992;19:423-33.

37. Gängler P, Hoffmann T, Willershausen B, Schwenzer N, Ehrenfeld M. Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie: Georg Thieme Verlag; 2010. p. 16, 113-9, 259.

38. Ganss C, Schlueter N, Preiss S, Klimek J. Tooth brushing habits in uninstructed adults-frequency, technique, duration and force. Clin Oral Investig. 2009;13:203-8.

39. George D, Bhat SS, Antony B. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of Aloe vera tooth gel and two popular commercial toothpastes: An in vitro study. Gen Dent. 2009;57:238-41.

40. Ghassemi A, Vorwerk LM, Hooper WJ, Putt MS, Milleman KR. A four-week clinical study to evaluate and compare the effectiveness of a baking soda dentifrice and an antimicrobial dentifrice in reducing plaque. J Clin Dent. 2008;19:120-6.

41. Gibson JA, Wade AB. Plaque removal by the bass and roll brushing techniques. J Periodontol. 1977;48:456-9.

42. Gleissner PDDDC. Welchen Einfluss hat das Geschlecht auf die Mundgesundheit? Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz. 2014;57:1099-106.

43. Grabenstetter RJ, Broge RW, Jackson FL, Radike AW. The measurement of the abrasion of human teeth by dentifrice abrasives: a test utilizing radioactive teeth. J Dent Res. 1958;37:1060-8.

44. Haffajee AD, Teles RP, Patel MR, Song X, Yaskell T, Socransky SS. Factors affecting human supragingival biofilm composition. II. Tooth position. J Periodontal Res. 2009;44:520-8.

45. Hancock EB. Periodontal diseases: prevention. Ann Periodontol. 1996;1:223-49.

46. Harrap GJ. Assessment of the effect of dentifrices on the growth of dental plaque. J Clin Periodontol. 1974;1:166-74.

47. Hasegawa K, Machida, Y., Matsuzaki, K., Ichinohe, S. The most effective toothbrushing force. Pediatr Dent J. 1992139-43.

48. Hellwege KD. Die Praxis der zahnmedizinischen Prophylaxe: ein Leitfaden für die Individualprophylaxe, Gruppenprophylaxe und initiale Parodontaltherapie: Thieme; 2003. p. 17, 160-5.

49. Hellwig E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung: Dt. Zahnärzte-Verlag; 2009. p. 472, 535.

50. Hodges C, Bianco J, Cancro L. The removal of dental plaque under timed intervals of tooth-brushing. J Dent Res. 1981425.

51. Hooper S, West NX, Pickles MJ, Joiner A, Newcombe RG, Addy M. Investigation of erosion and abrasion on enamel and dentine: a model in situ using toothpastes of different abrasivity. J Clin Periodontol. 2003;30:802-8.

52. Hunter ML, Addy M, Pickles MJ, Joiner A. The role of toothpastes and toothbrushes in the aetiology of tooth wear. Int Dent J. 2002;52:399-405.

53. Imfeld T, Sener B. In-vitro-Untersuchung der mechanischen Wirkung von Whitening-Zahnpasten des Schweizer Marktes. Acta Med Dent Helv. 1999;4:195-200.

54. Jardim JJ, Alves LS, Maltz M. The history and global market of oral home-care products. Braz Oral Res. 2009;23:17-22.

55. Jayakumar A, Padmini H, Haritha A, Reddy KP. Role of dentifrice in plaque removal: a clinical trial. Indian J Dent Res. 2010;21:213-7.

56. Jepsen S. The Role of Manual Toothbrushes in Effective Plaque Control: Advantages and Limitations. In: Lang NP, Attström, R. & Löe, H., editor. Proceedings of the European Workshop on Mechanical Plaque Control. London: Quintessence; 1998. p. 121- 37.

57. Joiner A. Whitening toothpastes: a review of the literature. J Dent. 2010;38:e17-24.

58. Kant Panwar N, Mohan A, Arora R. Efficacy of different designs of tooth brushes in plaque removal. J Oral Health Res. 2010;1.

59. Khan M, Khan A, Hosein T, Mudassir A, Mirza K, Anwar A. Comparison of the plaque-removing efficacy of toothpaste and toothpowder. J Int Acad Periodontol. 2009;11:147-50.

60. Khan MK, Mudassar A, Kareem A, Mirza KM, Khan AA, Hosein T. Does the use of toothpowder affect the oral health status of an individual? JPDA. 2012;21.

61. Kumar PS, Mason MR. Mouthguards: does the indigenous microbiome play a role in maintaining oral health? Front Cell Infect Microbiol. 2015;5.

62. Kuroiwa M, Kodaka T, Kuroiwa M, Abe M. Dentin hypersensitivity. Occlusion of dentinal tubules by brushing with and without an abrasive dentifrice. J Periodontol. 1994;65:291-6.

63. Lang NP, Cumming BR, Loe H. Toothbrushing frequency as it relates to plaque development and gingival health. J Periodontol. 1973;44:396-405.

64. Lang NP, Schätzle MA, Löe H. Gingivitis as a risk factor in periodontal disease. J Clin Periodontol. 2009;36:3-8.

65. Lang T, Bretz MJ, Jennes B, Gaengler P. Planimetrical plaque assessment of in-between oral hygiene products. J Dent Res. 2011;90.

66. Lang T, Staufer S, Jennes B, Gaengler P. Clinical validation of robot simulation of toothbrushing - comparative plaque removal efficacy. BMC Oral Health. 2014;14:82.

67. Lewis R, Dwyer-Joyce R, Pickles M. Interaction between toothbrushes and toothpaste abrasive particles in simulated tooth cleaning. Wear. 2004;257:368-76.

68. Litonjua LA, Andreana S, Bush PJ, Cohen RE. Tooth wear: attrition, erosion, and abrasion. Quintessence Int. 2003;34:435-46.

69. Litonjua LA, Andreana S, Bush PJ, Cohen RE. Toothbrushing and gingival recession. Int Dent J. 2003;53:67-72.

70. Lobene RR, Soparkar PM, Newman MB. Use of dental floss. Effect on plaque and gingivitis. Clin Prev Dent. 1982;4:5-8.

71. Loe H, Theilade E, Jensen SB. Experimental Gingivitis in Man. J Periodontol. 1965;36:177-87.

72. Loe H. Oral hygiene in the prevention of caries and periodontal disease. Int Dent J. 2000;50:129-39.

73. Macgregor IDM, Rugg-Gunn AJ. Toothbrushing duration in 60 uninstructed young adults. Community Dent Oral Epidemiol. 1985;13:121-2.

74. Mankodi S, Berkowitz H, Durbin K, Nelson B. Evaluation of the effects of brushing on the removal of dental plaque. J Clin Dent. 1998;9:57-60.

75. Marsh P. Dental plaque as a microbial biofilm. Caries Res. 2004;38:204-11.

76. Matthews DC. No good evidence to link toothbrushing trauma to gingival recession. Evid Based Dent. 2008;9:49.

77. McCracken GI, Janssen J, Swan M, Steen N, de Jager M, Heasman PA. Effect of brushing force and time on plaque removal using a powered toothbrush. J Clin Periodontol. 2003;30:409-13.

78. McCracken GI, Steen N, Preshaw PM, Heasman L, Stacey F, Heasman PA. The crossover design to evaluate the efficacy of plaque removal in tooth-brushing studies. J Clin Periodontol. 2005;32:1157-62.

79. Meyers IA, McQueen MJ, Harbrow D, Seymour GJ. The surface effect of dentifrices. Aust Dent J. 2000;45:118-24.

80. Micheelis W, Schiffner U. Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). 31 ed. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag (DÄV); 2006. p. 380.

81. Mierau HD, Spindler, T.:. Beitrag zur Ätiologie der Gingivarezessionen. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift. 1984634-9.

82. Mohire NC, Yadav AV. Chitosan-based polyherbal toothpaste: as novel oral hygiene product. Indian J Dent Res. 2010;21:380.

83. Ndouma M, Hinze L, Robra B. Mundgesundheit von Frauen. Ein klinischer und epidemiologischer Problemaufriss. IDZ-Informationen 5. 19992-15.

84. Nolden R. Der keilförmige Defekt- Ursachen und Therapie. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK. 1985.

85. Paraskevas S, Timmerman MF, van der Velden U, van der Weijden GA. Additional effect of dentifrices on the instant efficacy of toothbrushing. J Periodontol. 2006;77:1522-7.

86. Paraskevas S, Rosema NA, Versteeg P, Timmerman MF, van der Velden U, van der Weijden GA. The additional effect of a dentifrice on the instant efficacy of toothbrushing: a crossover study. J Periodontol. 2007;78:1011-6.

87. Parizotto SP, Rodrigues CR, Singer Jda M, Sef HC. Effectiveness of low cost toothbrushes, with or without dentifrice, in the removal of bacterial plaque in deciduous teeth. Pesqui Odontol Bras. 2003;17:17-23.

88. Poyato-Ferrera M, Segura-Egea JJ, Bullon-Fernandez P. Comparison of modified Bass technique with normal toothbrushing practices for efficacy in supragingival plaque removal. Int J Dent Hyg. 2003;1:110-4.

89. Prasad KV, Sreenivasan PK, Patil S, Chhabra KG, Javali SB, DeVizio W. Removal of dental plaque from different regions of the mouth after a 1-minute episode of mechanical oral hygiene. Am J Dent. 2011;24:60-4.

90. Putt MS, Milleman KR, Ghassemi A, Vorwerk LM, Hooper WJ, Soparkar PM. Enhancement of plaque removal efficacy by tooth brushing with baking soda dentifrices: results of five clinical studies. J Clin Dent. 2008;19:111-9.

91. Quirynen M, Dekeyser C, van Steenberghe D. Discriminating power of five plaque indices. J Periodontol. 1991;62:100-5.

92. Rateitschak KH, Rateitschak EM, Wolf HF. Farbatlanten der Zahnmedizin: Parodontologie. 2. ed. Stuttgart-New York: Georg Thieme-Verlag; 1989. p. 152-3.

93. Riethe P. Farbatlanten der Zahnmedizin – Kariesprophylaxe und konservierende Therapie. 2. ed. Stuttgart-New York: Georg Thieme-Verlag; 1994. p. 40-3.

94. Robinson E. A comparative evaluation of the Scrub and Bass Methods of toothbrushing with flossing as an adjunct (in fifth and sixth graders). Am J Public Health. 1976;66:1078-81.

95. Rosema NA, Hennequin-Hoenderdos NL, Versteeg PA, van Palenstein Helderman WH, van der Velden U, van der Weijden GA. Plaque-removing efficacy of new and used manual toothbrushes--a professional brushing study. Int J Dent Hyg. 2013;11:237-43.

96. Rosier BT, De Jager M, Zaura E, Krom BP. Historical and contemporary hypotheses on the development of oral diseases: are we there yet? Front Cell Infect Microbiol. 2014;4.

97. Roulet J-F. Prophylaxe und Präventivzahnmedizin: Georg Thieme Verlag; 2003. p. 47.

98. Rustogi KN, Curtis JP, Volpe AR, Kemp JH, McCool JJ, Korn LR. Refinement of the modified Navy Plaque Index to increase plaque scoring efficiency in gumline and interproximal tooth areas. J Clin Dent. 1992;3:C9-12.

99. Saxer UP, Barbakow J, Yankell SL. New studies on estimated and actual toothbrushing times and dentifrice use. J Clin Dent. 1998;9:49-51.

100. Schemehorn BR, Moore MH, Putt MS. Abrasion, polishing, and stain removal characteristics of various commercial dentifrices in vitro. J Clin Dent. 2011;22:11-8.

101. Schiffner U. Mechanische und chemische Plaquereduktion. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK. 1995.

102. Schumacher M, Schulgen G. Methodik Klinischer Studien: Methodische Grundlagen der Planung, Durchführung und Auswertung. 2 ed: Springer; 2007. p. 316.

103. Sharma N, He T, Barker ML, Biesbrock AR. Plaque control evaluation of a stabilized stannous fluoride dentifrice compared to a triclosan dentifrice in a six-week trial. J Clin Dent. 2013;24:31-6.

104. Sheiham A, James WPT. Diet and Dental Caries: The Pivotal Role of Free Sugars Reemphasized. J Dent Res. 2015.

105. Slot DE, Rosema NA, Hennequin-Hoenderdos NL, Versteeg PA, Van Der Velden U, Van Der Weijden GA. The effect of 1% chlorhexidine gel and 0.12% dentifrice gel on plaque accumulation: a 3-day non-brushing model. Int J Dent Hyg. 2010;8:294-300.

106. Slot DE, Wiggelinkhuizen L, Rosema NAM, Van der Weijden GA. The efficacy of manual toothbrushes following a brushing exercise: a systematic review. Int J Dent Hyg. 2012;10:187-97.

107. Slot DE, Berchier CE, Addy M, Van der Velden U, Van der Weijden GA. The efficacy of chlorhexidine dentifrice or gel on plaque, clinical parameters of gingival inflammation and tooth discoloration: a systematic review. Int J Dent Hyg. 2014;12:25-35.

108. Stean H, Forward GC. Measurement of plaque growth following toothbrushing. Community Dent Oral Epidemiol. 1980;8:420-3.

109. Straub AM, Salvi, G.E., Lang, N.P. Supragingival Plaque Formation in the Human Dentition. In: Lang NP, Attström, R. & Löe, H., editor. Proceedings of the European Workshop on Mechanical Plaque Control. London: Quintessence; 1998. p. 72- 84.

110. Terézhalmy GT, Biesbrock AR, Walters PA, Grender JM, Bartizek RD. Clinical evaluation of brushing time and plaque removal potential of two manual toothbrushes. Int J Dent Hyg. 2008;6:321-7.

111. Toto PD, Rapp GW. A clinical comparison of a new low abrasive dentifrice with intermediate and high abrasive dentifrices. J Periodontol. 1972;43:492-4.

112. Turesky S, Gilmore ND, Glickman I. Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of victamine C. J Periodontol. 1970;41:41-3.

113. Van der Weijden FA, Timmerman MF, Snoek IM, Reijerse E, Van der Velden U. Toothbrushing duration and plaque removing efficacy of electric toothbrushes. Am J Dent. 1996;9 Spec No:S31-6.

114. 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. J Clin Periodontol. 1993;20:476-81.

115. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Reijerse E, Snoek CM, van der Velden U. Toothbrushing force in relation to plaque removal. J Clin Periodontol. 1996;23:724-9.

116. 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. J Clin Periodontol. 1998;25:413-6.

117. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Versteeg PA, Piscaer M, Van der Velden U. High and low brushing force in relation to efficacy and gingival abrasion. J Clin Periodontol. 2004;31:620-4.

118. Volpenhein DW, Sagel PA, White PJ. Dentifrice enhancement of plaque removal by manual brushing. Research paper presented at the 75th General Session of the IADR, Orlando: Florida. 199719-23.

119. Weiß C. Basiswissen Medizinische Statistik: Springer Berlin Heidelberg; 2013. p. 295.

120. White DJ, Kozak KM, Gibb R, Dunavent J, Klukowska M, Sagel PA. A 24-hour dental plaque prevention study with a stannous fluoride dentifrice containing hexametaphosphate. J Contemp Dent Pract. 2006;7:1-11.

121. White L. Toothbrush pressures of orthodontic patients. Am J Orthod. 1983;83:109-13.

122. Wulknitz P. Cleaning power and abrasivity of European toothpastes. Adv Dent Res. 1997;11:576-9.

123. Yaacob M, Worthington HV, Deacon SA, Deery C, Walmsley AD, Robinson PG. Powered versus manual toothbrushing for oral health. The Cochrane Library. 2014.

124. Zanatta FB, Bergoli AD, Werle SB, Antoniazzi RP. Biofilm removal and gingival abrasion with medium and soft toothbrushes. Oral Health Prev Dent. 2011;9:177-83.

125. Zanatta FB, Antoniazzi RP, Pinto TM, Rosing CK. Supragingival plaque removal with and without dentifrice: a randomized controlled clinical trial. Braz Dent J. 2012;23:235-40.

126. Zantner C, Kielbassa A. Wie wirksam sind Weißmacher-Zahnpasten. Oralprophylaxe. 2002;24:1.

127. Zaura E, Mira A. Editorial: The oral microbiome in an ecological perspective. Front Cell Infect Microbiol. 2015;5.

10. Anhang
10.1 Anamnesebogen

Anamnesebogen

Proband- Nr.:

Geb.- Datum:

Geschlecht: m ☐ w ☐

Voraussetzungen zur Studienteilnahme:

	Ja	Nein
1. Allgemeiner Gesundheitszustand		
• systemische Erkrankungen		
• Antibiotikaeinnahme in den letzten 28 Tagen		
• Schwangerschaft		
• körperliche Beeinträchtigung		
2. Oraler Befund		
• mindestens 20 natürliche Zähne		
• große kariöse Läsionen an den 20 natürlichen Zähnen		
• große nach vestibulär und/ oder lingual ausgedehnte Füllungen		
• orthodontische Apparaturen		
• herausnehmbarer Zahnersatz		
3. Sonstiges		
• Teilnahme an einer anderen Studie innerhalb des letzten Monats		
• Unterschriebene Einverständniserklärung zur Studienteilnahme		

10.2 Patienteninformation

Patienteninformation zur Teilnahme an einer wissenschaftlichen Studie in der Zahnarztpraxis Dr. Birke

Sehr geehrte Patienten,

im Rahmen eines Forschungsprojektes an der Universität Witten/Herdecke findet in der Zahnarztpraxis Dr. Birke eine Untersuchungsreihe an Patienten statt. Die Studie mit dem Titel „**Plaque-Kontrolle durch drei verschiedene Zahnputzmittel nach einem three-day-plaque-regrowth mit gleicher Handzahnbürste“** befasst sich mit der Wirksamkeit verschiedener Zahnputzmittel. Dafür würden wir Sie gerne für eine Teilnahme gewinnen. Über Ziele und Vorgehensweise des Projektes möchten wir Sie mit diesem Schreiben informieren.

Ziel der Studie:

In der Vergangenheit haben viele Studien bewiesen, dass Beläge auf den Zähnen (Plaque) eine Schlüsselrolle bei der Entstehung von Karies und Zahnfleischerkrankungen spielen. Daher ist es wichtig, Plaque bei der täglichen Mundhygiene effektiv zu entfernen. Es ist wissenschaftlich belegt, dass Zahnbürsten die Zahnbeläge gut entfernen können. Doch welche Rolle spielt dabei die Verwendung einer Zahnpasta? Welches Zahnputzmittel hilft wirklich?
Ziel des Forschungsprojektes ist es, die Wirksamkeit einer Plaqueentfernung von drei verschiedenen Zahnputzmitteln zu untersuchen. Dabei handelt es sich um folgende auf dem Markt frei erhältliche Produkte:

- Die **Zahnpasta** Crest® Pro-Health Whitening der Firma Procter & Gamble
- Denttabs®- **Zahnputztabletten** (weitere Informationen: www.denttabs.de)
- Eine weiterentwickelte Zusammensetzung des bereits auf dem Markt etablierten **Zahnputzgels** Jack Pro® Gel plus der Firma Elischa. Dieses biokompatible Zahnputzgel wird aufgrund seiner speziellen Eigenschaften bei der Mundpflege von z.B. immungeschwächten oder intensivmedizinisch versorgten Patienten derzeit in Krankenhäusern erfolgreich eingesetzt.

Die Ergebnisse dieser Studie sollen zu neuen Erkenntnissen für die Entwicklung und Verwendung von Zahnpasten führen, damit diese eine optimale Plaqueentfernung beim täglichen Zähneputzen erzielen können.

Ablauf der Untersuchungen:

1. Untersuchungssitzung am Freitag:

An dem ersten Tag der Untersuchung erfolgt eine Befundaufnahme ihrer Zähne. Danach erhalten Sie eine kostenlose professionelle Zahnreinigung. In dieser Sitzung werden sämtlich vorhandene Beläge und Zahnstein von Ihren Zähnen entfernt.
Im Anschluss an die professionelle Zahnreinigung werden Sie gebeten, *für 72 Stunden (drei Tage) jede Art der Mundhygiene zu unterlassen (d.h. keine Zahnbürste, Zahnpasta, Zahnseide, Zahnhölzer, Interdentalbürsten oder Mundspüllösung)*. In diesen drei Tagen entwickelt sich eine neue Plaque („three-day-plaque-regrowth“), die klinisch eindeutig erkennbar ist. *Dies ist der essentielle Bestandteil der Studie*, da nur so die Wirksamkeit der Zahnputzmittel anschließend getestet werden kann.
Um die Plaquebesiedlung zu verstärken, sollten Sie einen Tag vor der Untersuchungssitzung möglichst wenig Rohkost (z.B. Apfel, Karotten oder Paprika), und am besten möglichst vermehrt Speisen wie Bananen, Pasta, Süßigkeiten usw. zu sich nehmen, da diese im Gegensatz zu Rohkost die Plaque vergrößern. Um Ihnen das Wegbleiben der Mundhygiene zu erleichtern, schlagen wir Ihnen vor, diese 3 Tage (72 Stunden) ohne Mundhygiene außerhalb der Arbeitszeit auf das Wochenende zu legen. Sie bekämen im Laufe des Freitags eine professionelle Zahnreinigung, würden danach 72 Stunden bis zur nächsten Untersuchungssitzung am Montag die Mundhygiene

unterlassen. (Gerne können Sie für diese 3 Tage auch andere Wochentage wählen, wenn Ihnen das besser auskommen sollte. Nur sollte das Ende der 72 Stunden in die Öffnungszeiten der Praxis fallen.)

2. Untersuchungssitzung am Montag:
Nach Ablauf der 72 Stunden werden Sie erneut untersucht.
Ihre Zahnbeläge werden mit einer Lösung rötlich eingefärbt (diese lässt sich am Ende wieder leicht mit Wasser entfernen). Das Ergebnis wird danach fotographisch dokumentiert.
Im Anschluss putzen Sie sich mit einer von der Praxis gestellten Handzahnbürste entsprechend eines Ihnen vorgeführten Videos die Zähne. Dazu verwenden Sie eines der oben genannten Zahnputzmittel. Der Reinigungseffekt nach dem Putzen wird ebenfalls fotografisch festgehalten. Nach der Dokumentation werden selbstverständlich eventuell restlich vorhandene Zahnbeläge durch uns wieder professionell entfernt. Danach haben Sie eine 14-tägige Pause. Sie können Zuhause wieder Ihre gewohnte Mundhygiene durchführen.

Untersuchung der Wirkung des 2. und 3. Zahnputzmittels:
Die beiden anderen Zahnputzmittel werden auf die gleiche Weise jeweils an zwei weiteren Wochenenden im Abstand von 14 Tagen von Ihnen getestet.

Insgesamt werden Sie innerhalb der Studie *sechs Termine* haben. Jedes der drei Zahnputzmittel wird *durch Sie* getestet. Ihren entsprechenden Termin erhalten Sie von der Praxis Dr. Birke. Die Termingestaltung kann dabei innerhalb der Vorgaben flexibel mit Ihnen vereinbart werden und kann, wie oben bereits erwähnt, auch außerhalb des Wochenendes erfolgen.

Welche Risiken oder Vorteile ergeben sich für mich bei einer Studienteilnahme?
Es ist durch klinische Studien belegt, dass die unterlassene Mundhygiene für 72 Stunden keine gesundheitlichen Folgen hat. Weder Karies noch Zahnfleischentzündungen können sich in dieser Zeit entwickeln! **Es entstehen für Sie also keinerlei Risiken!**

Ein Vorteil ist, dass Sie durch eine Studienteilnahme **drei kostenlose professionelle Zahnreinigungen** im Werte von 240 Euro bekommen.
Ihr Mundhygienezustand wird sich nach 72 Stunden ohne Zahnpflege durch die zuvor durchgeführte professionelle Zahnreinigung abschließend genauso darstellen, wie er am Freitag vor der Zahnreinigung war.

Ein weiterer Vorteil ist, dass Sie im Rahmen eines wissenschaftlichen Projekts unter Anleitung eine für Sie **optimale Putztechnik erlernen** werden, die Sie später in Ihren Zahnputzalltag integrieren können. Da in der Studie die Wirksamkeit des Zahnputzmittels auch in Verbindung mit verschiedenen Putztechniken gesehen werden soll, werden Ihnen anhand des Videos auch nicht sinnvolle Putztechniken vorgeführt. Mit Hilfe unserer persönlichen Erklärungen werden Sie jedoch am Ende der Studie in der Lage sein „gute“ von „schlechten“ Putztechniken zu unterscheiden. Dies wird Ihnen zusätzlichen Nutzen für eine optimale häusliche Zahnpflege bringen, denn auch hier konnten Studien belegen, dass viele Patienten im Alltag ihre Zähne unbewusst unter der Verwendung von falschen Putztechniken putzen.

Ihre erfolgreiche Teilnahme an der Studie wird zudem mit einem **Gutschein für eine professionelle Zahnreinigung** in der Praxis Dr. Birke honoriert.

Wenn Sie mit den Rahmenbedingungen der Studie einverstanden sind, würde ich mich sehr über Ihre Teilnahme an diesem wissenschaftlichen Projekt freuen.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

Mit freundlichem Gruß,
Ch. Birke, Zahnärztin

10.3 Einverständniserklärung

Einverständniserklärung zur Studienteilnahme

Hiermit erkläre ich,

Name: _____

Vorname: _____

Geboren am: _____

Wohnhaft in: _____

mich freiwillig dazu bereit, an der Studie „Plaque-Kontrolle durch drei verschiedene Zahnputzmittel nach einem three-day-plaque-regrowth mit gleicher Handzahnbürste“ teilzunehmen.
Ich bin in einem persönlichen Gespräch durch die Zahnärztin Chr. Birke ausführlich und verständlich über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der Studie aufgeklärt worden.
Ich habe darüber hinaus den Text der Patienteninformation sowie der hier nachfolgend abgedruckte Datenschutzerklärung gelesen und verstanden.
Ich hatte die Gelegenheit, mit der Zahnärztin Chr. Birke über die Durchführung der Studie zu sprechen. Alle meine Fragen wurden verständlich und voll umfänglich beantwortet.
Ich habe das Recht, jederzeit mündlich oder schriftlich und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie zurückzuziehen, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

Erklärung zum Datenschutz:

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser klinischen Studie erhobenen Daten/Angaben über meine Gesundheit auf Fragebögen und elektronischen Datenträgern aufgezeichnet und ohne Namensnennung (pseudonymisiert) für wissenschaftliche Zwecke verarbeitet und publiziert werden dürfen.
Die Einwilligung zur Erhebung und Verarbeitung der Angaben über meine Gesundheit ist unwiderruflich. Ich bin bereits darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der klinischen Prüfung beenden kann. Im Fall dieses Widerrufs erkläre ich mich damit einverstanden, dass die bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Daten ohne Namensnennung weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist.

_____ _____

Ort, Datum Unterschrift

10.4 Randomisierungsliste

Teilnehmernummer	Name des Probanden	Kombination (vgl. Randomisierungsliste)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		

Kennziffer Kombination	Kombinationen			Proband	ZV fest
1	1	2	3	22	0,050
2	1	2	3	20	0,084
3	1	2	3	5	0,098
4	1	2	3	4	0,123
5	1	3	2	11	0,234
6	1	3	2	3	0,260
7	1	3	2	9	0,266
8	1	3	2	23	0,377
9	2	1	3	12	0,404
10	2	1	3	2	0,425
11	2	1	3	17	0,438
12	2	1	3	19	0,452
13	2	3	1	10	0,455
14	2	3	1	8	0,516
15	2	3	1	1	0,534
16	2	3	1	18	0,587
17	3	1	2	13	0,599
18	3	1	2	21	0,675
19	3	1	2	7	0,758
20	3	1	2	6	0,777
21	3	2	1	14	0,795
22	3	2	1	15	0,873
23	3	2	1	24	0,910
24	3	2	1	16	0,920

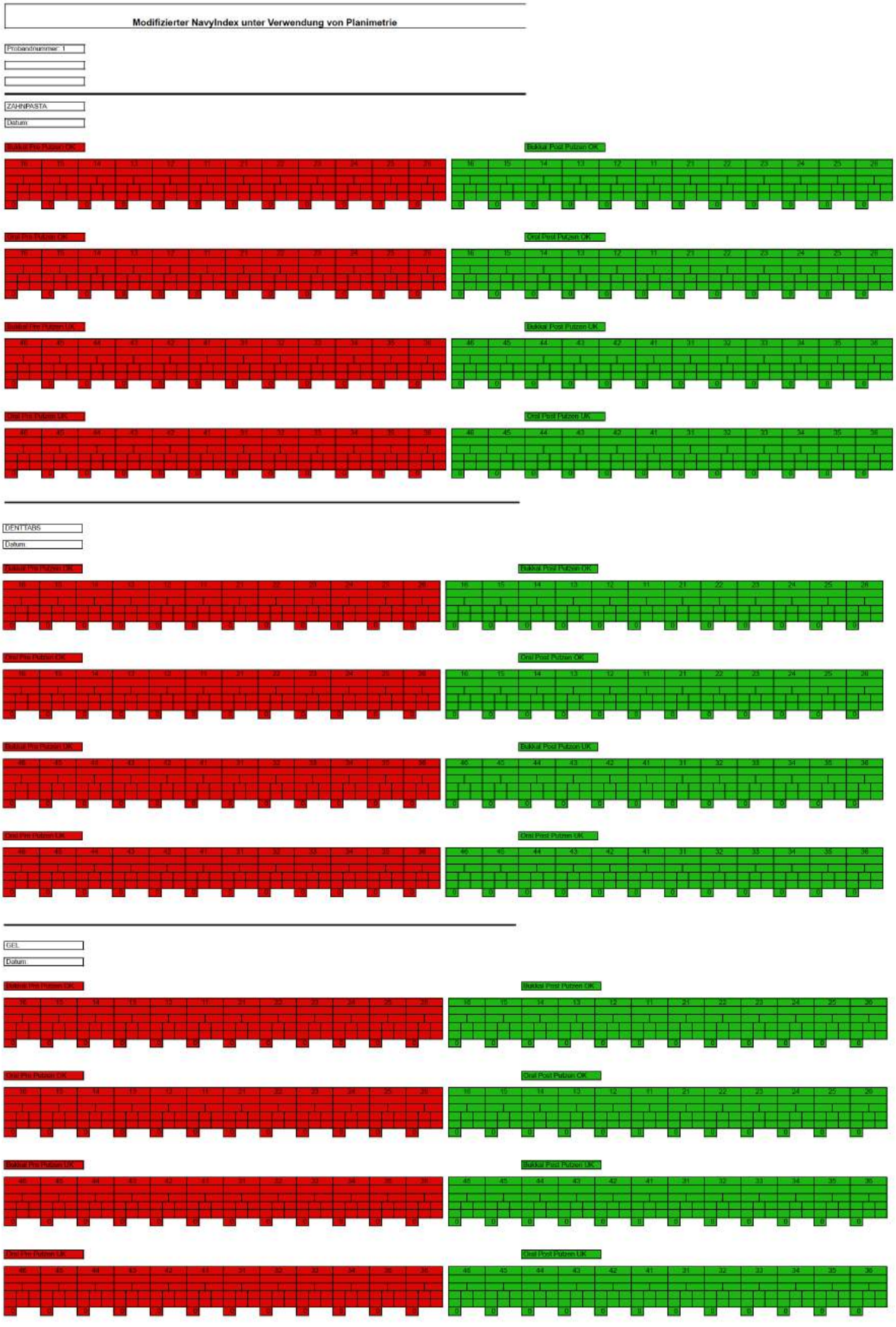
10.5 Einführungsvideo der Putztechniken

Abb. 10.1: Sequenz des Einführungsvideos zur visuellen Erklärung der drei unterschiedlichen Putztechniken

10.6 Putzvideo der Studie

Abb. 10.2: Sequenz des zweiminütigen Putzvideos der Studie

10.7 Excel-Auswertungstabelle



10.8 Statistik-Tabellen

Tabelle 10.1: Mittelwerte des Plaqueindex der Probanden vor Anwendung des Zahnputzmittels Zahnpasta

PROBAND	OK bukkal	OK oral	UK bukkal	UK oral
1	1.533333	0.966667	1.416667	1.157407
2	1.744444	1.077778	1.703704	1.370370
4	0.622222	0.466667	0.500000	0.422222
5	1.537037	0.527778	1.379630	0.847619
6	1.296296	0.938272	1.477778	1.466667
7	1.120370	0.574074	0.712963	0.861111
8	1.611111	0.916667	1.464646	1.262626
9	1.422222	0.933333	1.166667	0.933333
10	1.148148	0.481132	1.407407	0.796296
11	1.266667	0.700000	1.203704	0.934579
12	1.851852	1.129630	1.666667	1.407407
13	1.351852	0.962963	1.138889	1.148148
14	1.545455	1.020202	1.212121	1.252525
15	1.435185	0.694444	1.166667	1.325843
16	1.233333	0.922222	1.363636	1.333333
17	1.527778	0.750000	1.231481	1.083333
18	0.990741	0.583333	1.056075	1.120370
19	1.407407	0.842593	1.250000	1.268519
20	1.333333	1.250000	1.490741	1.324074
21	1.816327	1.050505	1.601852	1.453704
22	1.656566	1.101010	1.453704	1.351852
23	1.537037	0.935185	1.222222	1.027778
24	1.611111	0.806818	1.533333	1.266667
All	1.419453	0.851304	1.296280	1.141166

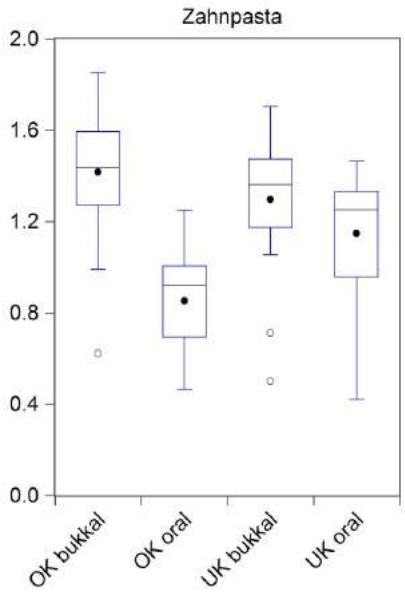


Tabelle 10.2: Mittelwerte des Plaqueindex der Probanden vor Anwendung des Zahnputzmittels Denttabs®

PROBAND	OK bukkal	OK oral	UK bukkal	UK oral
1	1.177778	0.877778	0.787037	0.953704
2	1.500000	0.966667	1.641975	1.123457
4	0.644444	0.633333	0.500000	0.966667
5	1.481481	0.694444	1.296296	1.083333
6	1.469136	1.012346	1.611111	1.322222
7	1.361111	0.694444	1.074074	1.083333
8	1.601852	1.120370	1.343434	1.595960
9	1.466667	1.000000	1.244444	0.888889
10	1.138889	0.564815	1.055556	0.675926
11	1.300000	0.822222	1.435185	1.148148
12	1.796296	1.064815	1.638889	1.259259
13	1.453704	0.916667	1.212963	0.861111
14	1.525253	0.878788	1.232323	1.313131
15	1.453704	1.000000	1.522222	1.420455
16	1.411111	1.033333	1.474747	1.404040
17	1.481481	0.546296	1.194444	0.638889
18	1.296296	0.638889	1.111111	1.123810
19	1.324074	0.870370	1.212963	1.148148
20	1.259259	0.943925	1.203704	1.287037
21	1.747475	0.929293	1.592593	1.435185
22	1.555556	1.000000	1.444444	1.472222
23	1.611111	0.675926	1.111111	1.046296
24	1.511111	0.744444	1.455556	1.233333
All	1.420139	0.849826	1.273504	1.145112

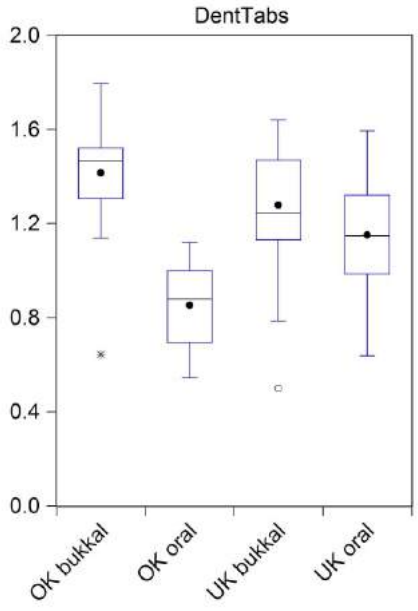
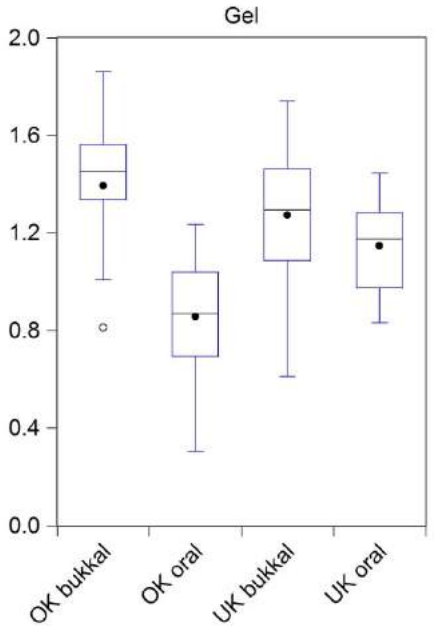


Tabelle 10.3: Mittelwerte des Plaqueindex der Probanden vor Anwendung des Zahnputzmittels Gel

PROBAND	OK bukkal	OK oral	UK bukkal	UK oral
1	1.577778	1.044444	1.462963	1.175926
2	1.700000	1.088889	1.740741	1.444444
4	0.811111	0.677778	0.611111	0.833333
5	1.555556	0.685185	1.314815	1.055556
6	1.333333	1.234568	1.611111	1.088889
7	1.351852	0.666667	0.842593	0.953704
8	1.574074	0.870370	1.252525	0.959596
9	1.466667	1.044444	1.077778	0.855556
10	1.009259	0.611111	1.120370	0.898148
11	1.222222	0.611111	1.305556	1.212963
12	1.861111	1.101852	1.657407	1.407407
13	1.398148	0.971963	1.055556	1.250000
14	1.454545	1.030303	1.121212	1.292929
15	1.370370	0.768519	1.055556	1.224719
16	1.388889	1.089888	1.464646	1.343434
17	1.453704	0.842593	1.194444	0.981481
18	0.814815	0.305556	1.018519	1.085714
19	1.481481	0.916667	1.425926	1.314815
20	1.148148	0.953704	1.277778	1.259259
21	1.616162	0.727273	1.370370	1.175926
22	1.474747	0.959596	1.462963	1.435185
23	1.564815	0.777778	1.296296	0.971963
24	1.444444	0.755556	1.555556	1.188889
All	1.394965	0.850565	1.271795	1.142481



11. Votum Ethik-Kommission

Ethik-Kommission der
Universität Witten / Herdecke

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

Frau
Christina Birke
persönlich / vertraulich
Am Efing 17
46399 Bocholt

Ethik-Kommission
Alfred-Herrhausen-Str. 50
D-58448 Witten

Sekretariat:
Frau Andrea Pleger

Mo-Fr 8.00-12.00 Uhr
Telefon 02302/926-740
Telefax 02302/926-739

e-mail: sekretariat-ethik@uni-wh.de
Internet: www.ethik-kommission-uwh.de

03.07.2014
Ga/eb

cc:
Herrn
Prof. Dr. med. Dr. h. c. Peter Gängler
Abteilung für Zahnerhaltung und Präventive Zahnmedizin
Universität Witten/Herdecke
Alfred-Herrhausen-Str. 44
- per Hauspost -

Antrag Nr. 70/2014 (bitte stets angeben):
Plaque-Kontrolle durch drei verschiedene Zahnputzmittel nach einem three-day-plaque-regrowth mit gleicher Handzahnbürste

Sehr geehrte Frau Birke,

herzlichen Dank für Ihre Zuschrift vom 02.07.2014 nebst Anlagen.

Mit den vorgenommenen Änderungen / Ergänzungen sind Sie den Hinweisen der Ethik-Kommission in ihrem Votum vom 25.06.2014 nachgekommen.

Weitergehende rechtliche oder ethische Bedenken gegen die Studie sind nicht ersichtlich.

Mit freundlichen Grüßen

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

12. Danksagung

Mein großer Dank gebührt zunächst meinem sehr verehrten Doktorvater Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Peter Gängler. Seine Idee bezüglich der Fragestellung legte den Grundstein dieser Dissertation. Auch die vielen bereichernden Gespräche und konstruktiven Kritiken während unserer Treffen halfen mir diese Arbeit zu redigieren. Für seine menschliche und wissenschaftlich profunde Unterstützung möchte ich mich ganz herzlich bedanken.

Frau Dr. Barbara Jennes danke ich für die schnelle und vor allem kompetente statistische Auswertung meiner Untersuchungsergebnisse und für die Erlaubnis, ihre Diagramme und Tabellen in meiner Arbeit verwenden zu dürfen.

Mein herzlicher Dank gilt auch allen Probandinnen und Probanden, welche durch ihr gewissenhaftes Engagement und tapferes Durchhalten zum Fundament dieser Arbeit beigetragen haben.
Durch die Organisation und Hilfe vor und während der Untersuchungssitzungen hat mich das gesamte Team der Zahnarztpraxis Dr. Birke tatkräftigt unterstützt. Dafür danke ich allen sehr.

Auch möchte ich Herrn Axel Kaiser, Geschäftsführer der Firma Innovative Zahnpflegegesellschaft GmbH in Berlin, für das Überlassen zahlreicher Denttabs®-Materialien danken.

Meinen Eltern und meiner Schwester möchte ich von ganzem Herzen für ihre große Unterstützung danken. Euch ist diese Arbeit gewidmet!

13. Lebenslauf

Persönliche Daten

Familienname	Birke
Vorname	Christina
Anschrift	Graelstr. 10
	48153 Münster
Geboren am	18.03.1988
Geburtsort	Bocholt
Familienstand	ledig
Staatsangehörigkeit	deutsch

Bildungsweg

1994-1998	Diepenbrockgrundschule, Bocholt
1998-2007	Euregio-Gymnasium, Bocholt
	Schulabschluss allgemeine Hochschulreife

Beruflicher Werdegang

2007-2008	Vorsemester Medizin am IFBM, Rheinisches Bildungszentrum, Köln
2008-2013	Studium der Zahn-,Mund- und Kieferheilkunde an der Privaten Universität Witten/Herdecke
Januar 2014	Erteilung der Approbation als Zahnärztin durch die Bezirksregierung Arnsberg
2014-2015	Assistenzärztin in zahnärztlicher Praxis in Bocholt
seit 2015	Weiterbildungsassistentin für Kieferorthopädie in Münster

14. Eidesstattliche Erklärung

Christina Birke
Graelstr. 10
48153 Münster

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere (an Eides statt), dass ich die zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema „Plaque-Kontrolle durch drei unterschiedlich abrasive Zahnputzmittel mit einer Handzahnbürste- Eine randomisierte klinisch kontrollierte Studie-“ selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und die in der Arbeit verwendete Literatur vollständig zitiert habe.

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

Münster, den 07.04.2016

Ort, Datum

Unterschrift