

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktorin: Prof. Dr. Ingrid Rudzki

**Einfluss festsitzender kieferorthopädischer
Befestigungselemente und eines
chlorhexidinhaltigen Lackes auf das marginale
Parodont**

Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von:

Mirjam Limbach
aus Kempten

2008

Mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. dent. Ingrid Rudzki

Mitberichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Jürgen Manhart

Mitbetreuung durch den
Promovierten Mitarbeiter: Dr. med. dent. Ekaterini Paschos

Dekan: Prof. Dr. med. Dietrich Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 05.05.2008

meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Fragestellung	5
3	Literaturübersicht	6
3.1	Kieferorthopädische Zahnbewegung und Geweberaktionen	6
3.2	Parodontale Veränderungen	6
3.2.1	Ätiologie parodontaler Erkrankungen	6
3.2.2	Parodontale Veränderungen bei kieferorthopädischer Behandlung	9
3.3	Möglichkeiten der Minimierung des parodontalen Schadens in der Kieferorthopädie	19
3.3.1	Anpassung kieferorthopädischer Bänder	20
3.3.2	Verwendung adhäsiver Befestigungselemente	20
3.3.3	Unterstützende antimikrobielle Therapie mit Chlorhexidin	22
3.3.3.1	Allgemein	22
3.3.3.2	Wirkungsmechanismus des Chlorhexidins	22
3.3.3.3	Applikationsformen	23
3.3.3.4	Cervitec®	25
4	Material und Methode	27
4.1	Patientengut	27
4.2	Auswahl und Applikation	28
4.3	Durchführung der Messungen	29
4.4	Chlorhexidin-Behandlung	32
4.5	Nachuntersuchungen	33
4.6	Statistische Analyse	34
5	Ergebnisse	35
5.1	Klinische Parameter in der Kontrollgruppe	35
5.1.1	Taschensondierungstiefen in der Kontrollgruppe	35
5.1.2.	Gingival-Index in der Kontrollgruppe	39
5.1.3	Plaqueindex in der Kontrollgruppe	42

5.1.4	Flächenbezogener Plaqueindex in Kontrollgruppe	45
5.2	Klinische Parameter in der Cervitec [®] -Gruppe	47
5.2.1	Taschensondierungstiefen in der Cervitec [®] -Gruppe	47
5.2.2	Gingival-Index in der Cervitec [®] -Gruppe	52
5.2.3	Plaqueindex in der Cervitec [®] -Gruppe	55
5.2.4	Flächenbezogener Plaqueindex in der Cervitec [®] -Gruppe	58
5.3	Vergleich der Kontrollgruppe mit der Cervitec [®] -Gruppe	60
5.3.1	Taschensondierungstiefen in Kontroll- und Cervitec [®] -Gruppe	60
5.3.2	Gingival-Index in Kontroll- und Cervitec [®] -Gruppe	63
5.3.3	Plaqueindex in Kontroll- und Cervitec [®] -Gruppe	63
6	Diskussion	66
6.1	Auswahl der Zähne und Studiendesign	66
6.2	Erhebung der klinischen parodontalen Parameter	67
6.3	Verwendung von Cervitec [®]	68
6.4	Taschensondierungstiefen in der Kontrollgruppe	69
6.5	Gingival-Index und Plaqueindex in der Kontrollgruppe	71
6.6	Ergebnisse in der Cervitec [®] - Gruppe	72
6.7	Vergleich Kontrollgruppe / Cervitec [®] - Gruppe	73
6.8	Schlussfolgerungen	75
7	Zusammenfassung	76
8	Literatur	78
9	Anhang	87
10	Danksagung	89
11	Lebenslauf	90

1 Einleitung

Bereits der erste bekannte Zahnarzt im heutigen Sinne, *Pierre Fauchard*, beschrieb 1728 die Verwendung von Drahtbögen, welche er mit Fäden bzw. Drähten an gelockerte oder gewaltsam verschobene Zähne zu deren Schienung befestigte.

Auch *Hunter* setzte 1750 Metallbögen mit Ligaturen ein und 1815 wurden von *Delabarre* Befestigungsbänder für die Zähne beschrieben, welche zur Aufnahme des Drahtbogens dienen konnten. Bänder aus Platin, Gold oder Silber wurden dann, wie 1868 von *Magill* beschrieben, auf die Zähne zementiert.

Das erste Multibandsystem zur körperlichen Bewegung von Zähnen wurde von *Angle* entwickelt und 1906 vorgestellt. Damit begann die auch „Angle-Periode“ genannte kieferorthopädische Neuzeit mit der Beschreibung des 1,4 mm Expansionsbogens.

In der Folge kreierte *Angle* 1913 den vertikalen Bandbogen, auch Ribbon-arch genannt, in welchem erstmals auch Bänder mit aufgelöteten Attachments zur Bogenführung integriert waren.

Die Grundbestandteile solcher festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen sind systemunabhängig und vom Prinzip her immer gleich.

So werden 0,1 mm starke, industriell vorgefertigte Chrom-Nickel-Stahl Ringe mit einem aufgeschweißten Bracket, welches der Führung des dann einzugliedernden Drahtbogens dient, verwendet. Hierfür stehen Sortimente mit unterschiedlichen Durchmessern und für jeden Zahn typischen anatomischen Formen zur Verfügung.

Der technologische Fortschritt im Bereich zahnärztlicher Komposit-Materialien und der Adhäsivtechnik eröffnete immer mehr die Möglichkeit, die Brackets direkt auf die Zahnoberfläche zu kleben statt sie, wie bisher, auf die Bänder zu schweißen.

Im Gegensatz zu früher werden heutzutage wesentlich dünnere und elastischere Drahtbögen verwendet, wodurch das Risiko von Überlastungsschäden an den Zähnen und von Wurzelresorptionen signifikant reduziert werden konnte.

Am häufigsten werden dabei mittlerweile Straight-wire-Systeme eingesetzt. Es handelt sich dabei um Systeme mit Drahtbögen ohne Knicke, welche die

Informationen über die beabsichtigte Zahnbewegung im Befestigungselement, also im Band und im Bracket tragen [44, 95].

Die auf den Zähnen dauerhaft fixierten Befestigungselemente, sei es das Band oder das geklebte Bracket, führten damals wie auch heute zu einer Komplizierung der Mundhygiene durch Vermehrung der Plaqueanlagerungsmöglichkeiten. Die zusätzlichen Nischen sind, anders als bei herausnehmbaren Geräten, fest in die Mundhygiene und Plaquereduktion einzuplanen. Die dabei unweigerlich trotzdem auftretenden Irritationen im Bereich des marginalen Parodonts bedürfen somit einer besonderen Beachtung und auch Behandlung, sowohl durch die Patienten als auch durch die Kieferorthopäden.

2 Fragestellung

In der vorliegenden prospektiven und randomisierten klinischen Studie wurde untersucht, ob unterschiedliche parodontale Veränderungen durch die Applikation von zwei verschiedenen Befestigungselementen bei festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen auftreten. Zusätzlich wurde die Fragestellung erörtert, welchen Effekt der chlorhexidinhaltige Lack Cervitec[®] auf die Plaqueakkumulation und auf das marginale Parodont ausübt.

Hieraus ergaben sich folgende Fragestellungen:

- Welche Auswirkungen haben festsitzende kieferorthopädische Bänder und Brackets auf die Taschensondierungstiefen des marginalen Parodonts?
- Welche Auswirkungen haben festsitzende kieferorthopädische Bänder und Brackets auf den Entzündungszustand des marginalen Parodonts?
- Welche Auswirkungen haben festsitzende kieferorthopädische Bänder und Brackets auf die Akkumulation gingivaler Plaque?
- Bestehen Unterschiede zwischen den verschiedenen Befestigungselementen bezogen auf obige Fragestellungen?
- Bestehen Unterschiede zwischen Ober- und Unterkiefer und den einzelnen Zahngruppen bezogen auf obige Fragestellungen?
- Hat die Applikation des chlorhexidinhaltigen Lacks Cervitec[®] einen Einfluss auf obige Fragestellungen?

3 Literaturübersicht

3.1 Kieferorthopädische Zahnbewegung und Gewebereaktionen

Die Reaktionen von Hart- und Weichgeweben auf die Applikation von kieferorthopädischen Kräften wurden im Rahmen zahlreicher Studien untersucht.

Bei der Verwendung einer geringen Krafteinwirkung und der damit verbundenen Ausnützung der physiologischen Elastizität und Plastizität der Gewebestrukturen müsste die Zahnbewegung theoretisch ohne eine Gewebeschädigung möglich sein. Dabei würden die kieferorthopädischen Kräfte Umbauvorgänge in den Weich- und Hartgeweben auslösen, welche ein fließendes Gleichgewicht der katabolen und anabolen Prozesse zulassen. Dieser schmale Bereich, in welchem reiner plastischer Umbau ohne degenerative Schädigung auftritt, scheint jedoch schwer auffindbar bzw. einhaltbar zu sein [43, 89]. Des Weiteren entstehen durch die kieferorthopädischen Befestigungselemente mechanische Reize und eine, die Plaqueanlagerung begünstigende, Nischenbildung. Die supra- und infraalveolären Veränderungen durch die Krafteinwirkung und die durch die Befestigungselemente ausgelösten Reize beeinflussen damit die den Zahn umgebenden Gewebestrukturen.

Da alle diese Komponenten sich schwer kontrollierbar überlagern, resultiert letztendlich eine zumindest temporäre parodontale Entzündung als Reaktion auf die kieferorthopädische Behandlung [74, 99].

3.2 Parodontale Veränderungen

3.2.1 Ätiologie parodontaler Erkrankungen

Die Gingivitis und die Parodontitis stellen primär eine immunologische Reaktion des Körpers auf mikrobielle Besiedlung dar. Die dabei auftretende Entzündung dient dem Zweck die Mikroorganismen an einem tieferen Eindringen zu hindern und deren

Vermehrung zu stoppen. Da hierbei jedoch zum Teil auch körpereigene Strukturen entzündungsbedingt zu Schaden kommen, sind Gingivitis und Parodontitis häufig ein paradoxer Abwehrmechanismus mit irreversiblen Verlusten auf Seiten der eigentlich zu schützenden körpereigenen Gewebe [45].

Mehr als 400 Bakterienarten sind für die Besiedlung des Sulkus und der parodontalen Tasche bekannt, wobei diverse Einzelarten und auch Bakteriengruppen mit verschiedenen Arten bzw. Stufen parodontaler Erkrankungen assoziiert werden [55, 87]. Zwischen den einzelnen Keimen finden zum Teil für die parodontale Erkrankung sehr bedeutsame Wechselwirkungen statt. So kann ein pathogenes Gruppenpotenzial aus im Einzelnen nicht pathogenen Bakterien durch deren gegenseitige Symbiose entstehen [45]. Die Besiedlung der Taschen ist im Gesunden von grampositiven Keimen dominiert und bewegt sich mit fortschreitender Entzündung und Taschentiefe immer weiter in Richtung gramnegativer Dominanz. Im Anfangsstadium der entzündlichen Veränderung sind hingegen etwa die Hälfte der Keime obligate Anaerobier und bereits ein Viertel gramnegative anaerobe Stäbchen. Bei Fortschreiten der Parodontitis steigt deren Anteil zu Lasten der grampositiven Bakterien auf bis zu 75% an [49, 87].

Bezüglich der Entstehung einer parodontalen Erkrankung besteht generell die Überzeugung, dass lokale mikrobielle Aktivität im marginalen Parodont und bzw. oder entsprechende Abwehrreaktionen samt Reparaturmechanismen zu Veränderungen der beteiligten Gewebe führen [36].

Im Detail existieren zwei Theorien, nämlich die Nicht-spezifische-Plaque-Hypothese einerseits und die Spezifische-Plaque-Hypothese andererseits. Erstere geht davon aus, dass die Parodontitis unabhängig von der Zusammensetzung der Plaque und der Anwesenheit bestimmter Keime allein durch das Vorhandensein und die Akkumulation der dentalen Plaque entsteht [90]. Die Spezifische-Plaque-Hypothese beschreibt konkrete Zusammenhänge zwischen der Art und Schwere einer parodontalen Erkrankung und dem Auftreten bestimmter Keime sowie deren Anteil an der Mikroflora [86].

Einer manifesten parodontalen Erkrankung geht so gut wie immer eine Entzündung der marginalen Gingiva voraus. Bei Fortschreiten der Entzündung und der Etablierung einer Parodontitis mit Ausbildung tieferer Läsionen findet, nach einer Ausbreitung des entzündlichen Infiltrats nach lateral und apikal, eine Zerstörung der parodontalen Fasern und ein Verlust von Alveolarknochen statt. Der

Ausgangszustand in Form der Gingivitis ist einerseits charakterisiert durch die Immunantwort auf bakterielle Antigene in der Plaque und andererseits durch eine Steigerung der Gewebeporosität. Sowohl diverse bakterielle Enzyme als auch die körpereigene Immunantwort auf Lipopolysaccharid-Membran-Komponenten gramnegativer Organismen können dabei die Zerstörung der parodontalen Gewebe auslösen und vorantreiben [45]. Diese Lipopolysaccharide induzieren als Antigene bei sehr vielen Individuen Entzündungen [62]. Diese, sowie die bei bakterieller Stoffwechselaktivität freigesetzten flüchtigen Schwefelverbindungen H_2S und CH_3SH spielen bei der Entstehung der parodontalen Läsion offensichtlich eine wesentliche Rolle (Abb. 1). Sie wirken bereits in sehr niedriger Konzentration hochtoxisch und verändern die Funktionen der gingivalen Fibroblasten [72, 76].

Die Suche nach den Haupterzeugern dieser flüchtigen Schwefelverbindungen führte zu der Erkenntnis, dass primär auf der Zunge und im gingivalen Sulkus die hierfür verantwortlichen Keime etabliert sind [77].

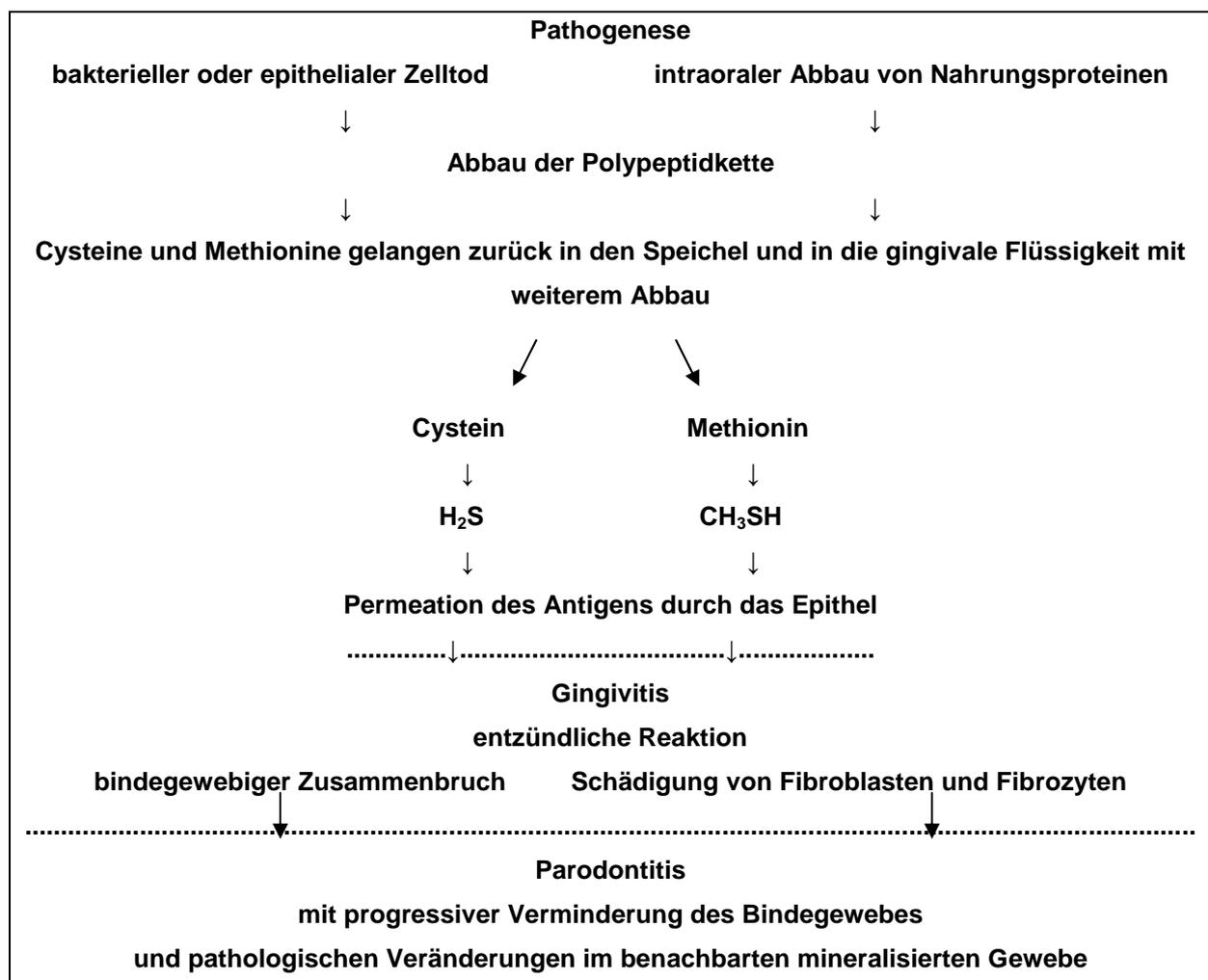


Abb. 1: Parodontalpathogenetische Effekte flüchtiger Schwefel-Verbindungen [72]

Zwar setzen viele Bakterien bei ihrem Stoffwechsel H_2S frei, aber die Produktion von CH_3SH in hohen Dosen erfolgt in erster Linie durch parodontopathogene Keime. Sowohl die lokale Immunantwort auf Plaqueantigene im parodontalen Gewebe als auch dessen extrazelluläre Matrix werden durch flüchtige Schwefel-Verbindungen geschädigt. Die zu dieser Fragestellung durchgeführten Studien legen dabei die zentrale Bedeutung dieser flüchtigen Schwefelverbindungen beim Abgleiten der parodontalen Gewebe aus dem gesunden Zustand über eine Gingivitis in eine manifeste Parodontitis nahe [72].

3.2.2 Parodontale Veränderungen bei kieferorthopädischer Behandlung

Die negativen Auswirkungen von festsitzenden kieferorthopädischen Geräten auf das marginale Parodontium wurden in der Vergangenheit in zahlreichen und dabei sehr unterschiedlichen klinischen und mikrobiologischen Studien untersucht.

Diverse klinische Analysen konzentrierten sich auf die Bewertung der parodontalen Auswirkungen während und nach der Behandlung über einen Zeitraum von bis zu zwei Jahre nach Behandlung. In diesen als Kurzzeitstudien zu verstehenden Untersuchungen wurde die durch die Befestigungselemente entstandenen parodontalen Veränderungen als vorübergehend beschrieben. Ihnen wurde attestiert, keinen permanenten Schaden am Parodontium zu hinterlassen [3, 46, 91, 101].

Aber auch retrospektive Langzeitstudien über mindestens 10 Jahre haben gezeigt, dass kein signifikanter parodontaler Schaden auf eine vorausgegangene kieferorthopädische Behandlung zurückzuführen war.

So konnten in einer Untersuchung an 96 Patienten, welche vor 12 bis 35 Jahren im jugendlichen Alter eine kieferorthopädische Behandlung erhalten hatten, keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der Entwicklung parodontaler Erkrankungen im Vergleich zur Kontrollgruppe gefunden werden. Die, zum größten Teil mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen behandelten, Patienten zeigten aber bei der Detailanalyse eine gesteigerte Prävalenz für eine milde bis moderate parodontale Erkrankung im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Die Autoren folgerten, dass auf lange Sicht kein Einfluss einer kieferorthopädischen Behandlung auf das Parodonts zu erwarten ist [79].

Eine weitere Studie hat ebenfalls festgestellt, dass eine kieferorthopädische Behandlung im jugendlichen Alter offenbar keinen Einfluss auf eine später auftretende parodontale Erkrankung hat. Eher stellte sie sogar zur Diskussion, dass das Fehlen einer kieferorthopädischen Behandlung offenbar später im Leben in einer Neigung zu parodontalen Erkrankungen resultieren kann [71].

Mit der wichtigste ätiologische Faktor der Gingivitis ist bekanntlich die bakterielle Plaque.

Weil die kieferorthopädischen Befestigungselemente die Akkumulation derselben offenbar fördern, scheint es, dass eben die plaqueretentiven Eigenschaften der Befestigungselemente und / oder die Unfähigkeit der Patienten zur adäquaten Reinigung die Entwicklung einer Entzündung verursachen. In der Folge resultiert daraus eine Verschlechterung des parodontalen Zustandes [96, 99, 101].

Klinisch tritt somit bei vielen Patienten eine chronische Gingivitis mit entzündlicher Hyperplasie und Pseudotaschen in Erscheinung [11, 16, 46, 65, 96].

Als Ursache für die parodontalen Reaktionen werden daher folgende Faktoren diskutiert:

1. mechanische Irritation durch subgingivale Bandextension wenn die kieferorthopädischen Bänder intensiv mit der marginalen Gingiva in Kontakt stehen,
2. zytotoxische Effekte durch den Befestigungszement und / oder das Bandmaterial am Gingivarand,
3. Irritation durch eingelagerte Nahrungsreste zwischen den kieferorthopädischen Apparaturen und der Gingiva und
4. mangelnde Hygienefähigkeit mit der Tendenz zu einer nach posterior sinkenden Effektivität bei der Reinigung.

Kieferorthopädische Bänder können ebenso wie subgingival überhängende prothetische Restaurationen die Akkumulation von Plaque verursachen, wobei in beiden Fällen eine ähnliche pathogene bakterielle Flora vorkommt [22, 41, 48].

Oft werden auch die primär supragingival platzierten Bänder aufgrund der Gingivahyperplasie zu sekundär subgingivalen Bändern [4].

So wurde die Ätiologie der Entzündungen in diesem Zusammenhang von *Rateitschak et al. (1968)* nicht auf die eigentliche Krafteinwirkung zurückgeführt, sondern ausschließlich auf eine lokale marginale Reizung der Gingiva. Sie folgerten dies, da eine Steigerung des Entzündungsgrades vor allem in der Retentionsphase, d.h. ohne orthodontische Kräfte, auftrat.

Auch interpretierten sie die klinisch festgestellte Tendenz zur Vergrößerung der Taschen-Sondierungs-Tiefen als Folge der mit der marginalen Entzündung einhergehenden ödematösen Schwellung der Gingiva [73].

Ein genereller Rückgang der kurz nach der Applikation einer festsitzenden Apparatur beobachteten Gingivahyperplasie konnte in diversen Untersuchungen nach Entfernung derselben beschrieben werden. So erklärte sich auch das Fehlen eines Attachmentverlustes nach der Behandlung, da der Zunahme der Sondierungstiefen lediglich eine temporäre Gewebezunahme in koronaler Richtung zugrunde lag. Die Hyperplasien waren approximal am größten und nahmen von anterior nach posterior zu [2, 11, 46].

Auch *Zachrisson und Zachrisson (1972)* fanden, dass die approximalen Bereiche stärker als die bukkalen Areale betroffen waren, und dies an den posterioren Zähne mehr als an den anterioren. Sie beschrieben weiter, dass die Patienten trotz guter Mundhygiene ein bis zwei Monate nach der Applikation der Apparaturen eine generalisierte moderate Gingivahyperplasie aufwiesen. Diese Gingivaveränderungen persistierten während der Phase der aktiven Behandlung mit einer leichten Zunahmetendenz.

Eine schwere Gingivitis hingegen wurde sehr selten und nur bei Patienten mit schlechter Mundhygiene beobachtet. Die Ergebnisse bezüglich des Rückgangs der Gingivahyperplasie nach Apparaturentnahme und das Fehlen eines langfristigen parodontalen Schadens decken sich ebenso mit denen der anderen Studien [101].

Zusätzlich wird spekuliert, ob auch eine zytotoxische Wirkung des Materials der kieferorthopädischen Apparaturen die parodontale Reizung fördert [34].

Bei den in der Kieferorthopädie benutzten Bändern handelt es sich um vorgefertigte Metallringe aus einer 0,1 mm starken Chrom-Nickel-Stahl-Legierung [44]. Damit können einzelne Metallionen, die sich aus dem Legierungsgefüge durch z. B. Korrosionsvorgänge herauslösen, den Organismus auf zellulärer Ebene beeinflussen und Entzündungsreaktionen auslösen [50].

Andere Autoren schlossen einen zytotoxischen Effekt kieferorthopädischen Materials aus. Bei der Untersuchung von 28 fabrikneuen und 9 gebrauchten Materialien, darunter Brackets, Bänder und Bögen, fiel nur ein einziges gebrauchtes Band als zytotoxisch auf [58].

Eine defizitäre Mundhygiene hat in Verbindung mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen ebenfalls einen großen Einfluss auf die Akkumulation von Plaque und eine daraus resultierende Entzündung. Mittels einer Verbesserung der persönlichen Mundhygiene durch die Patienten kann die Plaqueakkumulation reduziert und damit eine geringere gingivale Entzündung erreicht werden [8]. So wurden Prophylaxeprogramme für Kinder mit kieferorthopädischer Behandlung untersucht, und es konnten dabei gute Erfolge bei der Verbesserung der persönlichen Mundhygiene und deren Aufrechterhaltung gezeigt werden [40, 52].

In der Studie von *Alstad und Zachrisson (1979)* erhielten Patienten mit einer festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur und eine unbehandelte Kontrollgruppe ein intensives Mundhygieneinstruktions- und Betreuungsprogramm. Während der Behandlungsphase stellten sie keinen Unterschied bezüglich der Qualität der persönlich von den Patienten durchgeführten Mundhygiene fest. Nach Entfernung der Apparatur jedoch zeigten sich signifikant bessere Hygieneergebnisse bei den zuvor kieferorthopädisch behandelten Patienten als bei der Kontrollgruppe [3].

Dies bzw. ähnliche Ergebnisse konnten auch von anderen Autoren beschrieben werden [30, 46, 101].

Eine zweitrangige Rolle räumten *Müller und Flores de Jacoby (1982)* der Effektivität der Mundhygiene für den Fall ein, wenn durch kieferorthopädische Bänder bei den Patienten Bereiche iatrogen erzeugt werden, welche gar nicht mehr einer

ausreichenden Mundhygiene zugänglich sind. So verunmöglichen etwa nach subgingival reichende Bänder diese von vorneherein [59].

Einen wesentlichen Einfluss nimmt offenbar auch das Alter kieferorthopädischer Patienten auf die Plaqueakkumulation. *Boyd et al. (1989)* stellten diesbezüglich einen signifikanten Unterschied zugunsten erwachsener Patienten im Vergleich zu Kindern fest. Die Autoren interpretierten dies mit der erhöhten Kooperation, Motivation und der effektiveren Mundhygiene von erwachsenen Patienten [17].

Für eine mechanische Irritation durch das Band, den Befestigungszement und die Anwesenheit von subgingivaler Plaque als ätiologische Faktoren spricht die Tatsache, dass gingivale Veränderungen auch an Patienten gefunden wurden, welche eine gute Mundhygiene aufwiesen [18].

Ein auf die Entfernung der Bänder folgende Rückgang der gingivalen Entzündung und Hypertrophie innerhalb von 48 Stunden wurde auch weiter oben mehrfach beschrieben, so dass diese Beobachtungen die Annahme stärkten, dass die Bänder der verursachende Faktor für diese temporäre Erscheinung sind [2, 11, 46].

Eine andere Autorengruppe nahm hingegen an, dass nicht immer eine komplette Rehabilitation der durch die kieferorthopädischen Befestigungselemente ausgelöste Gingivahypertrophie erreicht werden kann. Hierbei beliefen sich diese Erkenntnisse den Behandlungsverlauf und auf Nachuntersuchungen 3 bis 12 Monate nach Entfernung der Apparaturen [47].

Einige klinische Studien haben einen Verlust an Attachment während der Behandlung beschrieben. Man bezeichnet damit den Abstand der Schmelzzementgrenze zum Boden der klinischen Tasche, und damit den Teil der Wurzel, welcher keinen parodontalen Faserverbund mehr zum Zement hat [16, 17].

Die Nachuntersuchungszeit war mit teilweise nur drei Monaten allerdings zu kurz um langfristige Aussagen treffen, und Rückschlüsse auf eine parodontale Schädigung ziehen zu können [16].

Die oben bereits angeführte Zwei-Jahres-Studie von *Alstad und Zachrisson (1979)* berichtete über nur geringe Attachmentverluste mit einem Mittelwert von weniger als

0,1 mm. Zur Bewertung des Attachmentverlustes wurden die Untersuchungen vier bis fünf Monate nach Entfernung der Bänder herangezogen, wobei fünf von den insgesamt 38 untersuchten Kindern Werte von 0,13 bis 0,43 mm aufwiesen [3].

In einer zweiteiligen Untersuchung von *Zachrisson und Alnæs (1973)* mit einem deutlich ausgedehnteren Untersuchungsintervall von zwei Jahren betrug der Mittelwert des Attachmentverlustes 0,41 mm. Ein signifikanter Attachmentverlust wurde bei allen behandelten Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe gefunden. Gleichzeitig betonten die Autoren eine erhebliche individuelle Variation: Bei einem Mädchen konnte ein Mittelwert von 2,25 mm Attachmentverlust gemessen werden [96].

Ähnlich große individuelle Variationen waren im zweiten Teil der bereits erwähnten Studie am selben Patientengut zu erkennen. Hierbei wurde der Alveolarknochenverlust anhand radiologischer Befunde untersucht.

Zwei Jahre nach kieferorthopädischem Therapieende resultierte ein durchschnittlicher Abstand von 1,11 mm zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem Alveolarkamm in der Gruppe der behandelten Patienten, im Gegensatz zu einem Verlust von 0,88 mm in der Kontrollgruppe. Wieder zeigte eine geringe Anzahl an Patienten erheblich mehr Verlust als der Durchschnitt. Die größten Verluste an Alveolarknochen konnten an der Druckseite von retrahierten Eckzähnen und in geschlossenen Extraktionslücken beobachtet werden [97].

Owin und Diedrich (1990) fertigten für den röntgenologischen Teil ihrer Untersuchung von 12 Patienten je sechs Zahnfilme der Frontzahnregion vor und nach der Behandlung an. So konnte bei den Röntgenbildern der festsitzend behandelten Patienten ein mittlerer Knochenabbau von 0,61 mm festgestellt werden, während der Wert bei den mit herausnehmbarer Technik behandelten Patienten mit 0,14 mm signifikant geringer war [65].

Hamp et al. (1982) gaben nach 24 Monaten festsitzender Therapie einen durchschnittlichen interproximalen Alveolarknochenverlust von 0,29 mm an [35].

Hollender et al. (1980) stellten im festsitzend behandelten Oberkiefer eine statistisch signifikante Reduktion des marginalen Knochens fest, nicht aber im unbehandelten Unterkiefer. Außerdem wurden ebenfalls große intra- und interindividuelle

Unterschiede beobachtet, wobei nur drei Patienten einen Knochenabbau von 0,3 mm oder mehr zeigten [39].

Bezüglich des Ansteigens der Sondierungstiefen während der kieferorthopädischen Behandlung stellten *Boisson et al. (1976)* in ihren Untersuchungen an Ratten dar, dass auch die Zahnbewegung an sich ein Stimulus für die epitheliale Synthese ist. Dabei gibt es keine zeitliche Übereinstimmung zwischen dem Reaktionsmaximum und der maximalen Zahnbewegung. Bei den histologischen Untersuchungen ergab sich sowohl ein Anstieg der Anzahl als auch der Größe der Zellen mehrerer epithelialer Schichten [15].

Andere Autoren wie etwa *Atherton und Kerr (1959)* beschrieben eine Veränderung der dem zu bewegenden Zahn anliegenden Gingiva. An der Zugseite des Zahnes beobachteten sie eine umschriebene gestauchte und gerötete dreieckige Stelle an der Gingiva. Diese wurde als neu gebildetes Epithel interpretiert, und es konnte histologisch eine faltige Morphologie des Epithels als Vorzeichen der Zahnbewegung beschrieben werden [5].

Im Rahmen einer weiteren tierexperimentellen Studie an Hunden wurde gezeigt, dass durch kieferorthopädische extensive Kippungen und Intrusionen eine Verschiebung der supragingival lokalisierten Plaque in eine subgingivale Position erzeugt werden, und damit eine Gingivitis in eine destruktive Parodontitis überführt werden kann [27].

Anders als beim Knochen, welcher bei einer Zahnbewegung mit Resorption einerseits und Apposition andererseits reagiert, bewegt sich die Gingiva mit dem Zahn mit. Die quantitative Korrelation ist hierbei abhängig von der Art der Zahnbewegung, so folgt die Gingiva etwa bei einer Intrusion zu ca. 60% der intrusiven Bewegung des Zahnes [60].

Yamaguchi und Kasai (2005) fanden ebenfalls heraus, dass kieferorthopädische Kräfte eine wichtige Rolle für parodontale Entzündungen spielen. Zusätzlich zeigten sie auch eine Abhängigkeit der Schwere der parodontalen Entzündung vom Lebensalter, bedingt durch eine altersbedingt höhere Produktion an Entzündungsmediatoren beim Auftreten mechanischer Kräfte [94].

Aus mikrobiologischer Sicht betrachtet konnte eine, kurze Zeit nach der Bandapplikation eintretende, qualitative und quantitative Veränderung des subgingivalen mikrobiellen Ökosystems beschrieben werden. So nahm die Anzahl grampositiver Kokken, deren Besiedelung charakteristisch für einen gesunden Sulkus ist, ab. Andererseits stiegen die Anzahlen parodontopathogener Mikroorganismen. Spirochäten, fusiforme Bakterien, Stäbchen und gramnegative Spezies zu wie *Actinobacillus*, *Bakteroides* und *Prevotella* traten vermehrt auf und auch die Gesamtzahl der Keime in der subgingivalen Mikroflora stieg an [22, 41, 59, 85].

Diese generalisierte Zunahme der Bakterienanzahl nach Bebänderung zeigten bereits sehr frühe Untersuchungen in den 1960er Jahren.

Als statistisch signifikant wurde damals lediglich die Zunahme der Lactobazillen beschrieben. Die größte Zunahme der Bakterienzahl bei Speichelproben wurde bei den Patienten mit der größten Anzahl an Bändern festgestellt, eine genauere lokale Untersuchung der Areale um die Bänder erfolgte nicht [14]. Das Hauptaugenmerk richtete sich lediglich auf die kariogenen Bakterien und nicht auf die gingivale Gesundheit, da die Dekalzifizierung um und unter den Bändern damals auch als das Hauptproblem erschien [56].

Anhand von bukkalen Gingivaexzidaten aus dem Bereich der von Molaren konnte *Zachrisson (1972)* in einer Longitudinalstudie zeigen, dass kurzfristig nach dem Einsetzen von Bändern das gingivale Bindegewebe von Entzündungszellen infiltriert wird. Dabei waren Lymphozyten im ersten Monat der dominierende Zelltyp, während danach eine Verschiebung hin zu Plasmazellen auftrat. Das leukozytäre Infiltrat unterschied sich auch hinsichtlich der Lokalisation der einzelnen Zelltypen. So waren Plasmazellen mehr zentral im Bindegewebe zu finden und Lymphozyten und PMNs siedelten sich überwiegend in Epithelnähe an. Nach Entfernen der Bandapparatur trat ein allmählicher Rückgang der entzündlichen Gingivaläsionen auf, wobei vereinzelt eine Persistenz einer Akanthose des Sulkusepithels vorhanden war [100].

Später verglichen andere Untersucher den Einfluss von herausnehmbaren und festsitzenden Apparaturen auf die subgingivale Plaquepopulation. Da bei den

Patienten mit herausnehmbaren Apparaturen keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Bakterien im Vergleich zu unbehandelten Personen gefunden wurden, kamen sie zu dem Ergebnis, dass bei herausnehmbaren Apparaturen nicht mit einer nachteiligen Veränderung der bakteriellen Zusammensetzung der subgingivalen Plaque gerechnet werden muss.

Bei festsitzenden Apparaturen hingegen konnte eine signifikante Erhöhung von Spirochäten und fusiformen Bakterien und eine starke Abnahme der Kokken. Die Ergebnisse dieser Studie machten den ungünstigen Einfluss der Verwendung kieferorthopädischer Bänder auf die subgingivale Mundflora deutlich [31, 59].

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch *Petti et al. (1997)* Auch sie beobachteten eine signifikante Modifikation der oralen Mikroflora bei den Patienten mit festsitzenden Apparaturen mit einer Reduktion der Anzahl grampositiver Kokken und einer Zunahme der Anzahl beweglicher Stäbchen und subgingivaler Spirochäten [69].

Diamanti-Kipiotti et al. (1987) stellten eine statistisch signifikante Zunahme des Anteils der in schwarzpigmentierenden Kolonien wachsenden Bakteroides-, B. intermedius- und Actinomyces odontolyticus-Arten im Vergleich zu den Ausgangswerten fest. Gleichzeitig erhöhte sich der Anteil an Anaerobiern und fakultativen Bakterien [22].

Entsprechende Veränderungen in der Mikroflora haben auch noch andere longitudinale Studien beschrieben. Damit scheint die Applikation von kieferorthopädischen Bändern grundsätzlich mit der Etablierung einer für parodontale Erkrankungen typischen, pathogenen subgingivalen Plaque einherzugehen [22, 41].

Jedoch ist der Effekt dieser Veränderung des Bakterien-Ökosystems nicht vorhersagbar, denn die auftretende Gingivitis entwickelt sich nicht immer zu einer Parodontitis. Die Fähigkeit der Gingiva, nach der Bandentfernung wieder in den gesunden Ausgangszustand zurückzukehren, ist offenbar durch das Fehlen einer Langzeit-Etablierung des pathologischen Ökosystems bedingt. Nach der Entfernung des „Auslösers“ nimmt also die gingivale Mikroflora wieder eine

Bakterienzusammensetzung wie vor der Behandlung ein, und wird damit wieder von Aerobiern dominiert [22].

In der split-mouth-design Studie von *Huser et al. (1990)* wurden Messungen vor und bis zu 90 Tagen nach der Bandapplikation durchgeführt.

Die Autoren konnten ab dem 47. Tag nach der Applikation der Bänder eine prozentuale Zunahme von freibeweglichen Stäbchen, Filamenten und fusiformen Bakterien per Dunkelfeld-Mikroskopie feststellen, während die Anzahl der Kokken dabei abnahm. Sie stellten zusammenfassend fest, dass die Applikation der Bänder von einer Zunahme der Plaqueakkumulation, einer Veränderung der Bakterienzusammensetzung und einer Gingivitis gefolgt wird [41]. Auch *Müller und Flores de Jacoby (1982)* beschrieben entsprechende Ergebnisse [59].

Ergebnisse aus den Untersuchungen *Balenseifen und Madonia (1981)* lassen eine Wachstumsförderung bestimmter Bakterien auf Grund eines lokalen pH-Wert Abfalls und einer Zunahme von Kohlenhydraten nach Bandapplikation vermuten [10].

Paolantonio et al. (1997) zeigten, dass die Platzierung orthodontischer Attachments die subgingivale Zunahme der Anzahl von *Actinobacillus actinomycetemcomitans* fördert. Diese spezielle mikrobiologische Veränderung bezieht sich aber nur auf die subgingivale Plaque der mit Attachments versehenen Zähne und ist damit mit einer kompletten Veränderung der mikrobiologischen Bedingungen im gesamten Mund gleichzusetzen [68, 67].

Eine weitere Untersuchung beschrieb die Veränderungen 30 Tage nach Entfernung der festsitzenden Apparatur mit begleitender Prophylaxe. Neben der Verbesserung der klinischen Situation hinsichtlich Plaque- und Gingival-Index sowie einer Reduktion der Taschensondierungstiefen, konnte mikrobiologischen eine signifikante Reduktion der Anzahl von *Actinobacillus actinomycetemcomitans* und *Bacteroides forsythus* nachgewiesen werden [80].

Neben den Effekten der kieferorthopädischen Befestigungselemente selbst erwogen manche Autoren das Ligaturenmaterial als zusätzlichen Einflussfaktor auf die parodontale Gesundheit. So wurden klinische und mikrobiologische Unterschiede bei der Befestigung der Bögen an den Bändern bzw. Brackets mit Stahldraht oder Gummiringen untersucht.

In einer Studie von *Turkkahraman et al. (2005)* wurden beide gebräuchlichen Methoden des Einligierens, mit elastischen Gummiligaturen oder mit Stahlligaturen, miteinander verglichen. Die mit Elastikligaturen einligierten Zähne zeigten eine unwesentlich höhere Besiedelung durch Mikroorganismen als die mit Stahlligaturen einligierten Zähne. Beide Techniken zeigten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Gingival-Index, Plaqueindex und Taschensondierungstiefen. Im Widerspruch dazu war jedoch die Neigung zur Blutung auf Sondierung an den Zähnen mit Gummiligaturen höher, so dass von einer Verwendung dieser elastischen Verbindungselemente bei Patienten mit insuffizienter Mundhygiene abgeraten wurde [92].

Auch *Forsberg et al. (1991)* berichteten in einer Studie an 12 Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen von einer bei Gummiligaturen höheren Anzahl an Mikroorganismen in der Plaque. Wenn keine idealen Mundhygienebedingungen bei den Patienten vorliegen, empfahlen sie ebenfalls auf eine Verwendung dieser Ringe zu verzichten, weil wegen der dadurch erhöhten Plaqueakkumulation an den beklebten Zähnen eine signifikant erhöhte für Karies und Gingivitis entsteht [32].

Andererseits berichteten *Subkontapatipark et al. (2001)* in eine Studie, dass kein Einfluss von der Methode der Ligation auf den Morphotyp der Bakterien ausging. Sie untersuchten dies mittels Rasterelektronenmikroskop an zuvor mit Brackets beklebten und dann extrahierten Prämolaren [88].

Ebenso fanden die Autoren in einer anderen Studie keine signifikanten Unterschiede bei der Anzahl von *Streptococcus mutans* im Speichel und Biofilm von Patienten, welche mit Stahl- oder Gummiligaturen versorgt worden waren [20].

3.3 Möglichkeiten der Minimierung des parodontalen Schadens in der Kieferorthopädie

Abgesehen von den Mundhygienemaßnahmen - wie bereits oben beschrieben - existieren noch diverse weitere Möglichkeiten die negativen Auswirkungen festsitzender kieferorthopädischer Apparaturen zu begrenzen.

3.3.1 Anpassung kieferorthopädischer Bänder

Es scheint sehr wichtig zu sein, das marginale Parodont beim Platzieren eines Bandes so wenig wie möglich zu verletzen, da häufig beobachtet wurde, dass eine parodontale restitutio ad integrum nach der Entfernung nicht stattfand.

Hierbei kam es jeweils zu einer irreversiblen Schädigung der abstützenden Gewebe mit einem resultierenden Attachmentverlust [4, 96, 97, 99].

Bei der Bebänderung von noch nicht vollständig eruptierten Zähnen bzw. einer zu weit nach apikal geschobenen Position des Bandes kann daher eine iatrogene Schädigung des Parodonts durch Verletzung des bindegewebigen Attachments erfolgen [2].

Die Konsequenz aus diesen Beobachtungen ist also die Empfehlung, dass die verwendeten Bänder möglichst passgenau sitzen und, wann immer möglich, supragingival angepasst werden sollten [46].

Eine zumindest leichte Schädigung durch Verletzung dentogingivaler Fasern kann dabei allerdings trotz vorsichtigen Vorgehens nicht völlig ausgeschlossen werden [96].

Die Paßgenauigkeit von Bändern wurde von *Diedrich et al. (2001)* untersucht. Dabei betrug der durchschnittliche Randspalt okklusal 0,23 mm, im Bereich des Zahnäquators 0,03 mm und zervikal 0,28 mm. 85% der zervikalen und okklusalen Bandränder wiesen Zementunterschüsse und / oder –auswaschungen auf, welche von verfilzter, teilweise dicht gepackter mikrobieller Plaque besiedelt waren. Bezüglich der parodontalen Veränderungen waren die Entzündungszeichen in den bukkolingualen Gingivaabschnitten aufgrund der dort supramarginalen Position der Bandränder deutlich geringer [23].

3.3.2 Verwendung adhäsiver Befestigungselemente

Bereits sehr früh wurde als einer der wichtigsten Vorteile der direkten Klebetechnik die Schonung der Gingiva hervorgehoben [19, 75]. So beeinflussen heutzutage die festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen mittels Adhäsivtechnik die Gingiva deutlich weniger [2, 4, 16, 98].

Als Folge einer ersten detaillierten Nachuntersuchung an einem großen Patientengut im Jahre 1977 wurde bzw. hat sich die Ätz- und Klebetechnik in der Kieferorthopädie etabliert. Dabei betonte *Zachrisson (1977)*, dass die gingivalen Vorteile der Brackets, nämlich weniger Plaqueakkumulation und weniger parodontale Entzündung, nur dann bestanden, wenn die Bracketbasis nicht überextendiert war und wenn kein Überschuss an Klebematerial die Gingiva reizen konnte [98].

In einer Studie von *Alexander (1991)* kam es zum direkten Vergleich der parodontalen Verhältnisse zwischen zementierten Bändern und geklebten Brackets an zweiten Molaren. Alle 23 Patienten entwickelten, unabhängig ob ein Band oder ein Bracket verwendet worden waren, eine moderate Gingivitis. Jedoch waren der Plaqueindex, der Gingival-Index und die Taschensondierungstiefen bei den bebanderten Molaren signifikant höher. So erschienen dem Autor die Vorteile geklebter Befestigungselemente offensichtlich. Nach Entfernung der Bänder und Brackets konnte jeweils eine restitutio ad integrum der gingivalen Verhältnisse beobachtet werden [2].

Eine Longitudinalstudie von *Boyd et al. (1992)* verglich ebenfalls den Parodontalstatus von mit Brackets versehenen und bebanderten Molaren bei 40 Jugendlichen und 20 Erwachsenen. So zeigten während der aktiven Behandlung die bebanderten Molaren eine signifikant höhere Plaqueakkumulation mit parodontaler Entzündung als die Molaren, an denen Brackets appliziert worden waren. Auch der Attachmentverlust war an den bebanderten Molaren größer [16].

Nichtsdestotrotz werden auch heute noch kieferorthopädische Bänder verwendet. So empfiehlt *Zachrisson (1988)* in der Regel das Bebandern der oberen und unteren ersten Molaren wegen des festeren Haltes und der Möglichkeit der Verwendung von linguale Attachments für den Einsatz von Gaumenbögen, Gummizügen und extraoralen Apparaturen. Aus diesen Gründen und wegen des besseren Schutzes vor Approximalkaries sind damit im Molarenbereich Bänder den Brackets vorzuziehen. Die zweiten Prämolaren könnten je nach der Größe der klinischen Krone und der persönlichen Präferenz des Behandlers beklebt oder bebandert werden [95].

Ein weiterer Nachteil der Adhäsivtechnik zeigt sich in der hohen Verlustrate von 20 bis 30% der Brackets im posterioren Bereich durch Defizite bei der Trockenlegung während der Eingliederung und durch okklusale Belastung der Brackets in Funktion [16, 57, 98].

3.3.3 Unterstützende antimikrobielle Therapie mit Chlorhexidin

3.3.3.1 Allgemein

Chlorhexidin wird seit den 40er Jahren des letzten Jahrhunderts als Antiseptikum eingesetzt. Sowohl zur Desinfektion von Operationsbereichen, zur Behandlung von Verbrennungen in der Dermatologie und auch in der Ophthalmologie, der Gynäkologie, Urologie sowie zur Malariaprophylaxe hat es sich als potentes Desinfektionsmittel bewährt [29].

Daher hat es sich schon vor Jahren den Rang eines „Goldstandards“ unter den antibakteriell wirkenden Therapeutika errungen [78].

3.3.3.2 Wirkungsmechanismus des Chlorhexidins

Die potente Wirkung des Chlorhexidins als antibakterielles Therapeutikum wird primär durch dessen zweifach positives Kation ermöglicht.

Dieses hat eine Affinität zu negativ geladenen Oberflächen und bindet sowohl an Hydroxylapatit und Pellikel der Zähne als auch an Speichelmuzine. Diese Anbindung erfolgt vor allem eben auch direkt an Bakterienzellwände und extrazelluläre Polysaccharide mikrobiellen Ursprungs in der Plaque und an den Schleimhäuten.

Nach der Penetration der bakteriellen Zellwand kommt es zur Ausfällung des Zytoplasmas und die Bakterienzelle stirbt ab. So wirkt Chlorhexidin, in ausreichend hoher Konzentration angewendet, primär bakterizid [38].

In niedrigerer Konzentration angewandt tritt eine bakteriostatische Wirkung ein. Hierbei lagern sich die kationischen Chlorhexidin-Moleküle an anionische Phosphatgruppen der bakteriellen Zellwand und an Carboxylgruppen der Speichelproteine an. Der interzelluläre Membrantransport wird dadurch gestört und die für die Biofilmbildung notwendige Adsorption an orale Glykoproteine behindert [78]. Die für die Adhäsion der Bakterien wichtige Glykosyltransferase wird von Chlorhexidin inaktiviert und die für die Pellikelbildung notwendige Proteinadsorption auf der Zahnoberfläche reduziert [13, 84].

3.3.3.3 Applikationsformen

Chlorhexidin wird in Form von Spüllösungen, Gelen und Lacken angeboten [13].

Der kariesinhibitorische Effekt am Menschen bei mehrmaliger täglicher Anwendung einer 0,2%igen Chlorhexidin-Spülung wurde 1972 erstmals von *Löe et al. (1972)* beobachtet [51]. Eine deutliche Reduktion der *Streptococcus mutans* Anzahl im Speichel bei Anwendung von Chlorhexidin-Spülungen konnte später *Emilsson (1977)* zeigen [25]. Laktobazillen hingegen sind weniger empfindlich und *Lactobacillus casei*, die am häufigsten in der Mundhöhle vorkommende Laktobazillenart, ist sogar relativ resistent gegen Chlorhexidin [21].

Generell ist bei den Spüllösungen aufgrund der nur kurzen Verweildauer bei der Applikation und deren niedriger Wirkstoffkonzentration, auch eine entsprechend kurz anhaltende Wirkung zu berücksichtigen [83].

Etwas variabler bei der Anwendung gestaltet sich das Chlorhexidin-Gel. Sowohl der Einfluss der Konzentration als auch der Einfluss der Applikationsmethode wurden eingehend untersucht. So führte 0,5%iges Chlorhexidin-Gel, welches einmal täglich zum Zähneputzen verwendet wurde, nur zu einer tendenziellen Reduktion von *Streptococcus mutans* im Speichel. Weder die Plaquebildungsrate noch das Kariesaktivität wurden signifikant beeinflusst [24]. Eine Erhöhung der Konzentration auf 1,0% Chlorhexidin im Gel und das ausschließliche Zähneputzen mit diesem konnte keinen deutlichen Effekt auf *Streptococcus mutans* in den Approximalräumen

und im Speichel bewirken, es resultierte jedoch eine Reduktion dieser Keime in Fissuren und auf Glattflächen [83].

Eine tatsächlich wirkungsvolle Reduktion von *Streptococcus mutans* konnte hingegen durch eine Intensivbehandlung mit 1%igem Chlorhexidin-Gel erzielt werden. Hierzu wurde das Gel an zwei aufeinander folgenden Tagen jeweils dreimal für 5 min. mit Trägerschienen appliziert [54].

Im Rahmen der Mölndal-Studie konnten *Zickert et al. (1982)* durch die Applikation von 1%igem Chlorhexidin-Gel bei Kindern mit hohem Kariesrisiko eine Reduktion des Karieszuwachses um 81% erreichen. Allerdings musste das Gel sehr häufig angewendet werden, und die klinische Wirkung hielt nur weniger als 6 Wochen an [102].

Bader et al. (2001) stellten in einer Übersichtsarbeit, in welcher sie drei Studien zu diesem Thema verglichen, fest, dass durch die Verwendung von Chlorhexidin-Gel eine durchschnittliche Kariesreduktion von 26-52% erreicht werden konnte [9].

Chlorhexidin-Lacken konnte eine besonders lang anhaltende Wirkung im Vergleich zu den anderen Applikationsformen nachgewiesen werden. Ferner minimiert die gezielte Applikation Nebenwirkungen wie Verfärbungen, sowie Schleimhaut- und Geschmacksirritationen und die Dosierung ist besser regulierbar [7, 26, 70].

Der im Wesentlichen von *Sandham (1988)* und Mitarbeitern entwickelte Chlorzoin[®] Lack, unter anderem bestehend aus 20% Chlorhexidinazetat und 40% Sumatrabenzoin, wurde im Rahmen einer Studie einmalig bei den Teilnehmern zu Studienbeginn aufgetragen.

Danach konnte bei 21 von 33 Patienten *Streptococcus mutans* 34,6 Wochen lang nicht mehr im Speichel nachgewiesen werden. So ergab sich als Folge der Lackanwendung eine signifikante Reduktion von *Streptococcus mutans* [81].

Ähnliche Ergebnisse lieferte eine andere Studie und kam zu dem Schluss, dass bei Chlorhexidin-Lack Anwendung über ein Absenken des *Streptococcus mutans* Levels im Speichel eine kariespräventive Wirkung angenommen werden kann [12].

Schaeken et al. (1989) erreichten in ihrer Studie mit einer einzigen Applikation eines 40%igen Chlorhexidin-Lacks (EC40[®]) ebenfalls eine lang anhaltende Reduktion von *Streptococcus mutans* in Fissuren [82].

Andererseits wurde in einer anderen Untersuchung festgestellt, dass bei kieferorthopädischen Patienten mit hohem Kariesrisiko eine vierwöchige Applikation verschiedener hochkonzentrierter Chlorhexidin-Lacke eine Entstehung neuer Läsionen nicht verhindern konnte.

Die Datenanalyse zeigte, dass die Streptococcus mutans Zahlen in der Chlorhexidin-Gruppe nur eine vorübergehende signifikante Absenkung im Vergleich zur Kontroll-Gruppe erfuhren, und sich am Ende der Studie wieder dem Ausgangswert näherten. Es wurde schlussgefolgert, dass die Rekolonisation durch Streptococcus mutans während des vierwöchigen Zwischenintervalls stattfand und sich somit Läsionen entwickeln konnten, bevor eine erneute Applikation von Chlorhexidin-Lack erfolgte [42].

3.3.3.4 Cervitec®

Die Wirksamkeit von Cervitec®, einem weiteren kommerziell angebotenen Chlorhexidin-Lack, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. So konnten *Twetman et al. (1995)* im Vergleich zu einem Placebo-Lack eine signifikante Reduktion von Streptococcus mutans in Plaqueproben von Zähnen feststellen, die zuvor mit Cervitec® behandelt worden waren. Hierbei wurde eine mindestens zweimonatige Applikation des Lackes empfohlen, um eine signifikante Reduktion der Streptococcus mutans zu erzielen [93].

Ogaard et al. (1997) untersuchten in einer Studie den Effekt einer kombinierten Applikation eines Fluoridlackes (Fluor Protector®) und eines antibakteriellen Lackes (Cervitec®) bei festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen. 12 Wochen nach Applikation von Cervitec® konnte dabei noch immer eine Reduktion von Streptococcus mutans in der dentalen Plaque im Vergleich zur Kontrollgruppe, welche nur den Fluoridlack (Fluor Protector®) appliziert bekam, festgestellt werden.

Es konnten jedoch keine Effekte hinsichtlich anderer erhobener Parameter wie Plaque-Index, gingivaler Blutungsindex und White-Spot-Lesion-Index gezeigt werden [63].

In einer weiteren Untersuchung konnten *Ogaard et al. (2001)* diese Ergebnisse bestätigen. So zeigten sie, dass der antibakterielle Lack die Zahl der *Streptococcus mutans* in der Plaque während der ersten 48 Wochen signifikant reduzieren konnte. Auch hier wurde jedoch wiederum kein Einfluss auf den Entzündungsgrad der Gingiva, die Plaqueanlagerung und den White-Spot-Lesion-Index festgestellt [64].

Eine Untersuchung von *Madlena et al. (2000)* zeigte, dass bei einem Applikationsintervall von drei Monaten der chlorhexidinhaltige Lack im Vergleich zum Placebo Lack die Anzahl von *Streptococcus mutans* in der dentalen Plaque um kieferorthopädische Bänder und Brackets signifikant reduzieren konnte [53].

Ein ähnliches Untersuchungsergebnis beschrieben *Eronat et al. (1997)* In deren Studie reduzierte der Cervitec®-Lack die Anzahl von *Streptococcus mutans* im Speichel signifikant, welche dann nach 12 Wochen wieder merklich anstieg. So lautet die resultierende Empfehlung das Applikationsintervall auf drei Monate festzulegen, um einen nachhaltigen antibakteriellen Effekt zu erzielen [28].

Der Vergleich zweier Chlorhexidin-Lacke (Cervitec® und EC40®) durch *Attin et al. (2003)* ergab für beide Lacke eine signifikante Reduzierung von *Streptococcus mutans* im Speichel und auch in der approximalen Plaque, jedoch war die Wirkung des höher konzentrierten EC40® besser [7].

4 Material und Methode

4.1 Patientengut

Im Rahmen dieser klinischen Studie wurden insgesamt 40 freiwillige Patienten aufgenommen, welche aus medizinischer Indikation heraus mit einer feststehenden kieferorthopädischen Apparatur behandelt werden sollten. Es handelte sich bei den Patienten um 24 Mädchen und 16 Jungen im Alter von 10 bis 14 Jahren. Nach einem ausführlichen Aufklärungsgespräch mit den Erziehungsberechtigten und deren darauf folgender schriftlicher Einwilligung auf der Einverständniserklärung (Anhang 1) wurde bei allen Probanden eine allgemeine und spezielle zahnärztliche Anamnese erhoben.

Einschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie waren, neben der Einwilligung, ein guter Allgemeinzustand der Patienten. Außerdem musste gewährleistet sein, dass sowohl die Erziehungsberechtigten als auch die Patienten keine sprachlichen oder Verständnisprobleme bezüglich der Inhalte der Studie und auch dem erforderlichen Verhalten während des Untersuchungszeitraumes hatten. Eine Genehmigung der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians Universität München lag vor.

Als Abbruchkriterium galt eine während des Verlaufs der Studie durchgeführte antibiotische Behandlung des Patienten.

Als Ausschlusskriterien galten neben schweren Allgemeinerkrankungen vor allem Zustände mit einem vorübergehend oder dauerhaft eingeschränkten Immunstatus. Insbesondere zählten hierzu die im Folgenden aufgelisteten Erkrankungen:

- angeborene oder erworbene Immundefekte
- medikamentös induzierte Immunsuppression (z.B. Cortison, Cyclosporin)
- maligne hämatologische oder lymphoproliferative Erkrankungen
- maligne Tumoren
- HIV-Infektion
- therapiebedürftige Erkrankungen mit autoimmuner Genese (z.B. chronisch entzündliche Darmerkrankungen, rheumatische Erkrankungen)

Ebenso galten als Ausschlusskriterien:

- Diabetes mellitus
- angeborene oder erworbene Herzvitien
- cerebrale Krampfleiden sowie schwere sonstige neurologische oder psychische Erkrankungen
- schwere Niereninsuffizienz
- angeborene Stoffwechseldefekte oder Speicherkrankheiten
- floride systemische Infektionskrankheiten
- angeborene oder erworbene hämorrhagische Diathesen

4.2 Auswahl und Applikation

Die Studie wurde als randomisierte prospektive klinische Untersuchung im split-mouth-design angelegt.

Dabei wurden je zwei Prämolaren mit einem Bracket und die kontralateralen Prämolaren mit einem Band versorgt. Die Entscheidung bezüglich der Anwendung von Brackets oder Bändern in den jeweiligen Quadranten erfolgte mittels Losverfahren.

Die Applikation der Prämolarenbänder (Ormco AG; Zürich, CH) erfolgte mit dem lichthärtenden, fluoridabgebenden Kompomerzement Ultra Band-Lok™ “Blue“ (Reliance Orthodontic Products, Inc.; Itasca, USA)

Die Metallbrackets Nu-Edge® Low Nickel Brackets (TP Orthodontics, Inc.; La Porte, USA) wurden mit dem lichthärtenden Komposit Transbond™ XT (3M Unitek; Monrovia, USA) befestigt.



Abb. 3: Im split-mouth Design angebrachte Bänder bzw. Brackets

Beim Bekleben der Zähne mit Brackets und auch beim Einsetzen der Bänder wurde genauestens darauf geachtet jeglichen überschüssigen Kleber zu entfernen.

Das Einligieren der Bögen wurde in allen Fällen mit Gummiligaturen bewerkstelligt.

Diese wurden bei jeder Nachuntersuchung, d.h. alle vier Wochen komplett erneuert.

4.3 Durchführung der Messungen

Die erste Untersuchung des parodontalen Zustandes der Patienten erfolgte 3-4 Tage vor dem Eingliedern der Befestigungselemente.

Am Tag der Applikation wurde die Position des Brackets bzw. des Bandes dokumentiert. Dies geschah durch die Messung des Abstandes des Befestigungselementes vom Gingivalsaum.

Bei den Brackets erfolgte eine Drei-Punkt-Messung (vestibulär-mesial, vestibulär, vestibulär-distal). Vestibulär-mesial und vestibulär-distal wurde der Referenzpunkt auf den nach mesial bzw. distal erweiterten Rand des Brackets definiert. Bei den Bändern wurde eine Sechs-Punkt-Messung (vestibulär-mesial, vestibulär, vestibulär-distal, oral-distal, oral, oral-mesial) durchgeführt.

Alle Probanden erhielten am Tag der Eingliederung eine professionelle Zahnreinigung und spezielle Mundhygieneinstruktionen. Die häusliche Reinigung sollte in der Bass-Technik bzw. mit der elektrischen Zahnbürste und Interdentalbürstchen erfolgen.

Danach wurden im Intervall von 4 Wochen weitere 6 Untersuchungen durchgeführt. Die Erfassung des parodontalen Zustandes erfolgte durch Erhebung folgender Indices:

Taschen-Sondierungstiefe

Zur Erhebung der Taschentiefen wurde an den bebanderten und an den mit Brackets beklebten Zähnen eine Sechs-Punkt-Messung durchgeführt (vestibulär-mesial, vestibulär, vestibulär-distal, oral-distal, oral, oral-mesial).

Hierbei kam eine Parodontalsonde PCP 12 (Hu-Friedy Mfg. Co., Inc.; Chicago, USA) mit einer 3-6-9-12 mm Skalierung zum Einsatz.

Plaqueindex nach Silness-Löe

Die Plaque wurde, abweichend von der Originalbeschreibung, nicht nur an vier sondern an sechs Stellen beurteilt (vestibulär-mesial, vestibulär, vestibulär-distal, oral-distal, oral, oral-mesial). Die Plaque wurde mit einer zahnärztlichen Sonde abgenommen und in die entsprechenden 4 Grade eingeteilt:

Grad 0 = keine Plaque

Grad 1 = hauchdünner Belag, klinisch nicht sichtbar, an Sonde klebend

Grad 2 = mäßige Beläge am Zahnhals, mit dem Auge erkennbar,
Interdentalraum nicht ausgefüllt

Grad 3 = dicke Beläge, füllen den Interdentalraum aus

$$PI = \frac{\Sigma \text{Indexwerte}}{\Sigma \text{bewerteten Flächen}}$$

Gingival-Index nach Löe-Silness

Der Index wurde inspektorisch nach Sondierung des Sulkus mit der Parodontalsonde PCP 12 erhoben und ebenfalls in 4 Grade eingeteilt:

Grad 0 = keine Entzündung

Grad 1 = leichte Entzündungszeichen ohne Blutung auf Sondierung

Grad 2 = mäßige Entzündungszeichen mit Blutung auf Sondierung

Grad 3 = starke Entzündungszeichen mit Tendenz zur Spontanblutung

$$GI = \frac{\Sigma \text{Indexwerte} / \text{Zahn} \times \text{Messpunkte}}{\Sigma \text{Messpunkte}}$$

Gingivahyperplasie

Die Ermittlung einer eventuell auftretenden Gingivahyperplasie erfolgte ebenfalls mit der oben angeführten Parodontalsonde PCP 12. Als Referenzpunkte wurden die oben beschriebenen Ausgangsabstände der Attachments zum Gingivalsaum herangezogen.

4.4 Chlorhexidin-Behandlung

Nach Rekrutierung der ersten Hälfte der Patienten (n = 20) wurde zusätzlich der Chlorhexidin-Lack Cervitec[®] (Ivoclar Vivadent AG; Schaan, FL) direkt nach Anbringung der festsitzenden Apparatur appliziert.

Die im Sinne der antimikrobiellen Unterstützung klinisch wirksamen Inhaltsstoffe Chlorhexidindiacetat und Thymol sind in Cervitec[®] in einer Konzentration von 1% und Polyvinylbutyral ist in einer Konzentration von 10% vorhanden. Außerdem enthält der Lack Ethanol und Ethylacetat als Hilfsstoffe.

Die Applikation des Lackes wurde nach einer gründlichen mechanischen Reinigung der zu behandelnden Oberflächen mittels Polierbürstchen und der Polierpaste Depurdent[®] (Dr. Wild & Co. AG; Basel, CH) nach absoluter Trockenlegung mittels Luftbläser und Watterollen durchgeführt.

Das Aufbringen einer dünnen Schicht des Cervitec[®]-Lackes um die kieferorthopädischen Befestigungselemente herum wurde mit Hilfe des hierfür konzipierten Applikationsinstrumentes Vivabrush[®] (Ivoclar Vivadent AG; Schaan, FL) durchgeführt.

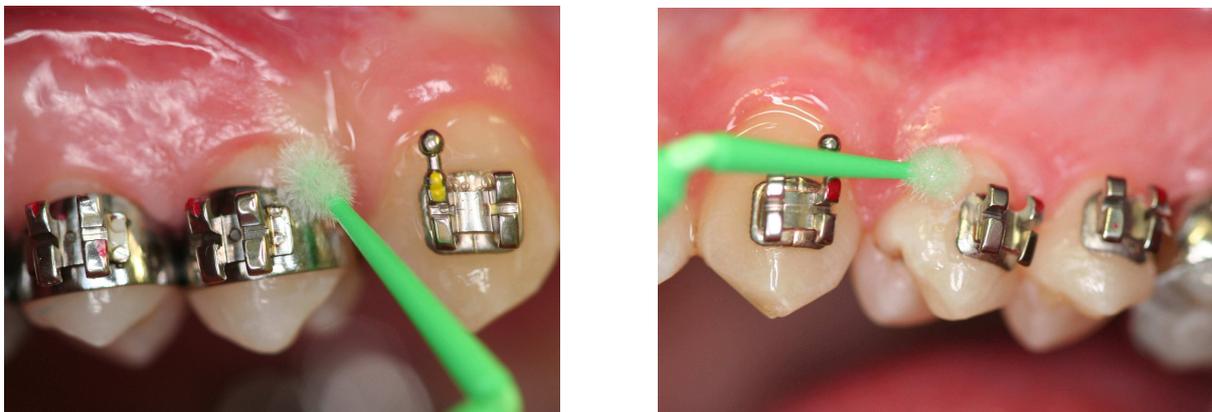


Abb. 4: Die Applikation des Cervitec[®]-Lackes mit dem Vivabrush[®]

Nach dem Aufbringen um die Bänder und Brackets erfolgte ein vorsichtiges Verblasen des Cervitec[®]-Lackes und nach einer Wartezeit von 30 Sekunden wurden die Watterollen wieder entfernt.

Die Anweisungen für die Patienten bezüglich ihres weiteren Verhaltens beinhalteten ein temporäres Gebot der Zurückhaltung bei der Mundhygiene. So sollten die

Patienten, nach einer dreistündigen Nahrungskarenz, für einen Tag die Zähne nicht putzen.

Die Applikation des Lackes wurde jeweils nach 12 Wochen erneut in der gleichen Weise durchgeführt (Abb. 5).

Zeitpunkt	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Wochen	0	4	8	12	16	20	24
Cervitec®							

Abb. 5: Applikationsschema für den Cervitec®-Lack

4.5 Nachuntersuchungen

Mit einem Intervall von 4 Wochen wurden Nachuntersuchungen durchgeführt. Hierbei wurden jeweils der Plaqueindex (PI), die Taschensondierungstiefen (TST) und der Gingival-Index (GI) erhoben.

Der Abstand der Attachments zum Gingivalrand (B (cervik. Ende) - G (-/+)) wurde ebenfalls gemessen und konnte dann zum Ausgangswert in Bezug gesetzt werden. So wurde eine eventuell auftretende Gingivahyperplasie ermittelt.

Die Dokumentation sämtlicher Nachuntersuchungen erfolgte anhand des hierfür entwickelten Untersuchungsbogens (Anhang 2).

4.6 Statistische Analyse

Sämtliche erhobenen Werte wurden in eine hierfür angelegte Excel-Datenbank eingegeben. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS (SPSS Version 12.0, SPSS Inc.; Chicago, USA).

Hierbei wurde zuerst mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test ($p > 0,05$) das Vorliegen einer Normalverteilung untersucht und die Varianzhomogenität mit dem Levene-Test ($p < 0,1$) überprüft.

Da durchwegs eine signifikante Verletzung der Normalverteilungsannahme nachzuweisen war, wurde auf nicht parametrische statistische Verfahren zurückgegriffen.

Die abhängigen Werte wurden dabei einer Analyse mit dem Wilcoxon Test unterzogen, während die unabhängigen mit dem Mann-Whitney-U Test analysiert wurden.

Eine einfaktorielle Varianzanalyse wurde durchgeführt (ANOVA, $p < 0,05$) und Gruppenunterschiede konnten mit dem Post-hoc-Tukey-Test erfasst werden. Die Verifizierung des ANOVA-Resultates erfolgte bei nicht bestehender Varianzhomogenität mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Tests.

Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgesetzt.

5 Ergebnisse

5.1 Klinische Parameter in der Kontrollgruppe

5.1.1 Taschensondierungstiefen in der Kontrollgruppe

	TST Band						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	2,28 ^A	2,71 ^B	2,87 ^C	2,96 ^{CD}	3,02 ^D	3,03 ^D	3,03 ^D
SD	0,69	0,70	0,72	0,74	0,76	0,80	0,81
Levene	0,0150						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 1: Verlauf der Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Bändern (Kontrollgruppe)

	TST Bracket						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	2,24 ^A	2,40 ^B	2,52 ^{BC}	2,55 ^C	2,61 ^C	2,62 ^C	2,63 ^C
SD	0,71	0,72	0,63	0,58	0,60	0,60	0,61
Levene	0,0001						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 2: Verlauf der Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Brackets (Kontrollgruppe)

Die Taschensondierungstiefen erhöhten sich während des Untersuchungszeitraums sowohl an den Zähnen mit Bändern als auch an den Zähnen mit Brackets, wie die Tabellen 1 und 2 zeigen. Zu Beginn ist eine deutliche Zunahme der Taschensondierungstiefen für beide Attachments zu verzeichnen.

Ab der dritten Nachuntersuchung (t3) stiegen die Werte für die Taschensondierungstiefen nicht mehr so stark an wie zu Beginn. Es stellte sich eine Stabilisierung der erhöhten Sondierungstiefen ein, wobei nach wie vor die Zähne mit Bändern signifikant höhere Werte aufwiesen als die Zähne, welche mit Brackets beklebt waren ($p=0,0001$).

	t	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST	0	2,28	0,69	=	2,24	0,71	0,183
	1	2,71	0,70	>	2,40	0,72	0,0001
	2	2,87	0,72	>	2,52	0,63	0,0001
	3	2,96	0,74	>	2,55	0,58	0,0001
	4	3,02	0,76	>	2,61	0,60	0,0001
	5	3,03	0,80	>	2,62	0,60	0,0001
	6	3,03	0,81	>	2,63	0,61	0,0001

Tab. 3: Vergleich der Taschensondierungstiefen Band vs. Bracket (Kontrollgruppe)

Nach gleichen Ausgangswerten zeigte sich zu allen folgenden Untersuchungszeitpunkten, dass die Zähne mit Bändern statistisch signifikant höhere Sondierungstiefen im Vergleich zu den mit Brackets versehenen Zähnen hatten ($p=0,0001$).

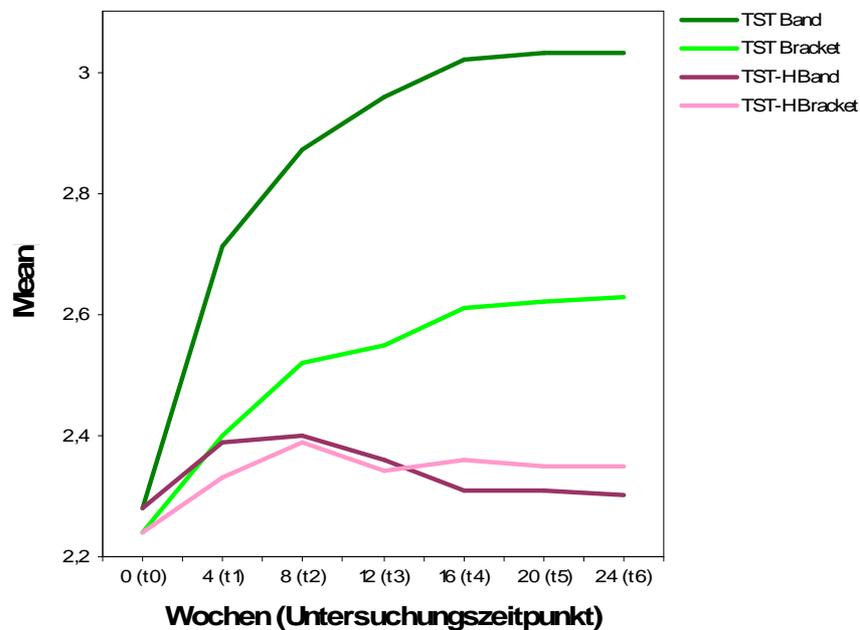


Abb. 7: Taschensondierungstiefen für Bänder und Brackets in der Kontrollgruppe

	TST-H Band						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	2,28 ^A	2,39 ^A	2,40 ^A	2,36 ^A	2,31 ^A	2,31 ^A	2,30 ^A
SD	0,69	0,68	0,65	0,63	0,65	0,67	0,70
Levene	0,1730						
ANOVA	0,0220						
KW	-						

Tab. 4: Verlauf der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Bändern (Kontrollgruppe)

	TST-H Bracket						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	2,24 ^A	2,33 ^{AB}	2,39 ^B	2,34 ^{AB}	2,36 ^{AB}	2,35 ^{AB}	2,35 ^{AB}
SD	0,71	0,71	0,66	0,64	0,63	0,64	0,65
Levene	0,0240						
ANOVA	0,0280						
KW	0,0680						

Tab. 5: Verlauf der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Brackets (Kontrollgruppe)

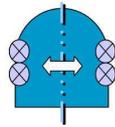
Die Betrachtung der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen zeigte, dass bei den bebänderten Zähnen letztendlich keine signifikante Veränderung über den Untersuchungszeitraum auftrat und bei den mit Brackets beklebten Zähnen lediglich zu Beginn ein geringer Anstieg zu verzeichnen war.

	t	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST-H	0	2,28	0,69	=	2,24	0,71	0,183
	1	2,39	0,68	>	2,33	0,71	0,037
	2	2,40	0,65	=	2,39	0,66	0,747
	3	2,36	0,63	=	2,34	0,64	0,652
	4	2,31	0,65	=	2,36	0,63	0,190
	5	2,31	0,67	=	2,35	0,64	0,242
	6	2,30	0,70	=	2,35	0,65	0,203

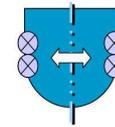
Tab. 6: Vergleich der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen Band vs. Bracket (Kontrollgruppe)

Zwischen den beiden Attachments Band und Bracket war für die um die Hyperplasie bereinigten Sondierungstiefen lediglich zum Untersuchungszeitpunkt t1 ein Unterschied feststellbar. Hier lag der Mittelwert für die behandelten Zähne mit 2,39 mm geringfügig höher als der für die mit Brackets beklebten Zähne mit 2,33 mm ($p=0,037$).

Bei der getrennten Betrachtung der Taschensondierungstiefen sowohl für Ober- und Unterkiefer (Tab. 7), als auch für die Zahngruppen 4er bzw. 5er pro Kiefer (Tab. 8 und 9) ergab sich ebenfalls in allen Gruppen ein signifikant erhöhter absoluter Taschensondierungswert für die Zähne mit Bändern ($p=0,0001$). Die um die Gingivahyperplasie bereinigten Sondierungstiefen hingegen unterschieden sich nicht.



Oberkiefer 4er und 5er

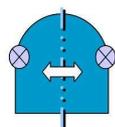


Unterkiefer 4er und 5er

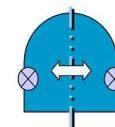
	t	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST	0	2,25	0,77	=	2,20	0,77	0,177
	1-6	3,20	0,81	>	2,57	0,68	0,0001
TST-H	0	2,25	0,77	=	2,20	0,77	0,177
	1-6	2,31	0,73	=	2,32	0,71	0,655

Band		=	Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
2,30	0,61	=	2,28	0,64	0,710
2,66	0,60	>	2,54	0,58	0,0001
2,30	0,61	=	2,28	0,64	0,710
2,38	0,59	=	2,39	0,59	0,876

Tab. 7: Vergleich der Taschensondierungstiefen, getrennt für Ober- und Unterkiefer betrachtet (Kontrollgruppe)



Oberkiefer 4er

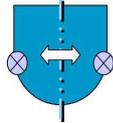


Oberkiefer 5er

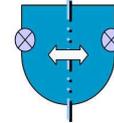
	T	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST	0	2,24	0,76	=	2,22	0,79	0,747
	1-6	3,15	0,79	>	2,54	0,66	0,0001
TST-H	0	2,24	0,76	=	2,22	0,79	0,747
	1-6	2,32	0,73	=	2,33	0,71	0,556

Band		=	Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
2,27	0,79	=	2,18	0,75	0,155
3,26	0,83	>	2,59	0,69	0,0001
2,27	0,79	=	2,18	0,75	0,155
2,30	0,72	=	2,30	0,71	0,961

Tab. 8: Vergleich der Taschensondierungstiefen, getrennt für Oberkiefer 4er und 5er betrachtet (Kontrollgruppe)



Unterkiefer 4er



Unterkiefer 5er

	T	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST	0	2,24	0,58	=	2,21	0,62	0,619
	1-6	2,62	0,57	>	2,53	0,55	0,0001
TST-H	0	2,24	0,58	=	2,21	0,62	0,619
	1-6	2,37	0,59	=	2,37	0,61	0,949

	Band		=	Bracket		p
	Mean	SD		Mean	SD	
	2,35	0,63	=	2,35	0,66	1,000
	2,71	0,64	>	2,55	0,61	0,0001
	2,35	0,63	=	2,35	0,66	1,000
	2,39	0,60	=	2,40	0,58	0,779

Tab. 9: Vergleich der Taschensondierungstiefen, getrennt für Unterkiefer 4er und 5er betrachtet (Kontrollgruppe)

5.1.2. Gingival-Index in der Kontrollgruppe

	GI Band						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	0,53 ^A	1,41 ^B	1,55 ^{BC}	1,69 ^C	1,68 ^C	1,61 ^C	1,61 ^C
SD	0,72	0,73	0,78	0,85	0,86	0,94	0,88
Levene	0,0001						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 10: Verlauf des Gingival-Index an den Zähnen mit Bändern (Kontrollgruppe)

	GI Bracket						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	0,53 ^A	0,87 ^C	0,75 ^{BC}	0,73 ^{BC}	0,67 ^{AB}	0,71 ^B	0,72 ^B
SD	0,73	0,80	0,77	0,75	0,73	0,76	0,80
Levene	0,2610						
ANOVA	0,0001						
KW	-						

Tab. 11: Verlauf des Gingival-Index an den Zähnen mit Brackets (Kontrollgruppe)

Der Gingival-Index erhöhte sich zu Beginn an den Zähnen mit Bändern deutlich und ab dem Untersuchungszeitpunkt t4 nicht mehr, mit einer leichten Tendenz wieder geringer zu werden. An den Zähnen mit Brackets stieg der durchschnittliche Gingival-Index nur zu Beginn der Untersuchung signifikant an, um dann vom Untersuchungszeitpunkt t1 bis zum Ende auf dem gleichen Niveau zu bleiben.

	t	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI	0	0,53	0,72	=	0,53	0,73	0,836
	1	1,41	0,73	>	0,87	0,80	0,0001
	2	1,55	0,78	>	0,75	0,77	0,0001
	3	1,69	0,85	>	0,73	0,75	0,0001
	4	1,68	0,86	>	0,67	0,73	0,0001
	5	1,61	0,94	>	0,71	0,76	0,0001
	6	1,61	0,88	>	0,72	0,80	0,0001

Tab. 12: Vergleich des Gingival-Index Band vs. Bracket (Kontrollgruppe)

Der Vergleich des Gingival-Index zwischen Zähnen mit Bändern und solchen mit Brackets zeigte, dass die Indexwerte ebenfalls bei den bebänderten Zähnen über den gesamten Untersuchungszeitraum signifikant höher waren als bei den Zähnen mit Brackets ($p=0,0001$).

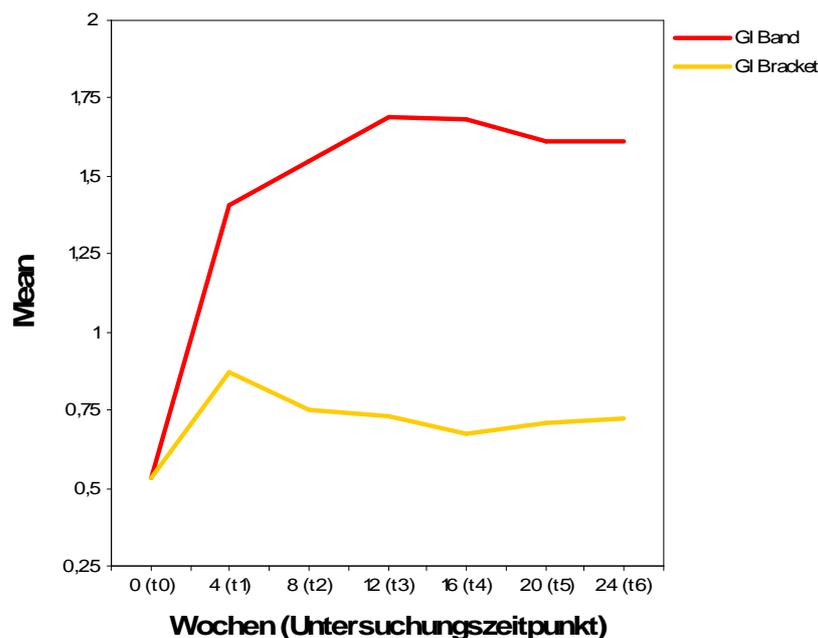
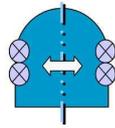
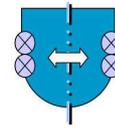


Abb. 8: Gingival-Index für Bänder und Brackets in der Kontrollgruppe

Diese Beobachtungen waren auch im Detail, d.h. bei getrennter Betrachtung von Ober- und Unterkiefer sowie der einzelnen Zahngruppen (Tab. 13-15) stets mit signifikant höheren Werten an den behandelten Zähnen verbunden ($p=0,0001$).



Oberkiefer 4er und 5er

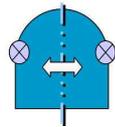


Unterkiefer 4er und 5er

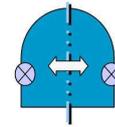
	t	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI	0	0,69	0,83	=	0,71	0,85	0,615
	1-6	1,99	0,75	>	0,84	0,81	0,0001

Band		=	Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
0,36	0,54	=	0,35	0,52	0,710
1,19	0,73	>	0,64	0,71	0,0001

Tab. 13: Vergleich des Gingival-Index, getrennt für Ober- und Unterkiefer betrachtet (Kontrollgruppe)



Oberkiefer 4er

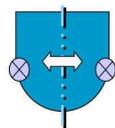


Oberkiefer 5er

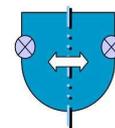
	t	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI	0	0,74	0,91	=	0,71	0,84	0,613
	1-6	1,98	0,76	>	0,83	0,80	0,0001

Band		=	Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
0,63	0,74	=	0,72	0,86	0,099
2,01	0,74	>	0,85	0,82	0,0001

Tab. 14: Vergleich der Gingival-Index, getrennt für Oberkiefer 4er und 5er betrachtet (Kontrollgruppe)



Unterkiefer 4er



Unterkiefer 5er

	T	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI	0	0,33	0,54	=	0,34	0,53	1,000
	1-6	1,16	0,74	>	0,63	0,69	0,0001

Band		=	Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
0,39	0,54	=	0,36	0,52	0,426
1,21	0,72	>	0,66	0,73	0,0001

Tab. 15: Vergleich der Gingival-Index, getrennt für Unterkiefer 4er und 5er betrachtet (Kontrollgruppe)

5.1.3 Plaqueindex in der Kontrollgruppe

	PI Band						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	0,95 ^A	1,27 ^D	1,18 ^{CD}	1,13 ^{BC}	1,13 ^{BC}	1,02 ^{AB}	0,94 ^A
SD	0,69	0,81	0,70	0,72	0,69	0,63	0,66
Levene	0,0001						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 16: Verlauf des Plaqueindex an den Zähnen mit Bändern (Kontrollgruppe)

	PI Bracket						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	0,92 ^A	1,22 ^{BC}	1,18 ^{BC}	1,26 ^C	1,27 ^C	1,19 ^{BC}	1,09 ^B
SD	0,71	0,82	0,79	0,81	0,85	0,76	0,77
Levene	0,0001						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 17: Verlauf des Plaqueindex an den Zähnen mit Bändern (Kontrollgruppe)

Nach einem anfänglich rasanten Anstieg der Plaqueindex-Werte sowohl bei Bändern als auch bei Brackets stellte sich eine Stabilisierung, und in der Folge sogar eine Abnahme der Messwerte ein. Die Zähne mit Bändern zeigten ab dem Zeitpunkt t1 eine kontinuierliche Abnahmetendenz der Plaqueindex-Werte, so dass der Anfangswert zum Zeitpunkt t6 wieder erreicht wurde. An den mit Brackets beklebten Zähnen ließ sich diese Tendenz ab dem Untersuchungszeitpunkt t4 feststellen, wobei hier letztendlich der Wert im Vergleich zum Ausgangsbefund erhöht blieb.

	t	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
PI	0	0,95	0,69	=	0,92	0,71	0,316
	1	1,27	0,81	=	1,22	0,82	0,100
	2	1,18	0,70	=	1,18	0,79	0,924
	3	1,13	0,72	<	1,26	0,81	0,0001
	4	1,13	0,69	<	1,27	0,85	0,0001
	5	1,02	0,63	<	1,19	0,76	0,0001
	6	0,94	0,66	<	1,09	0,77	0,0001

Tab. 18: Vergleich des Plaqueindex Band vs. Bracket (Kontrollgruppe)

Die Betrachtung des Vergleichs der beiden Attachments miteinander zeigte, dass nach dem gemeinsamen starken Anstieg der Plaqueindex-Werte beider Befestigungselemente ab dem Untersuchungszeitpunkt t3 an den Brackets signifikant höhere Werte gemessen werden konnten ($p=0,0001$).

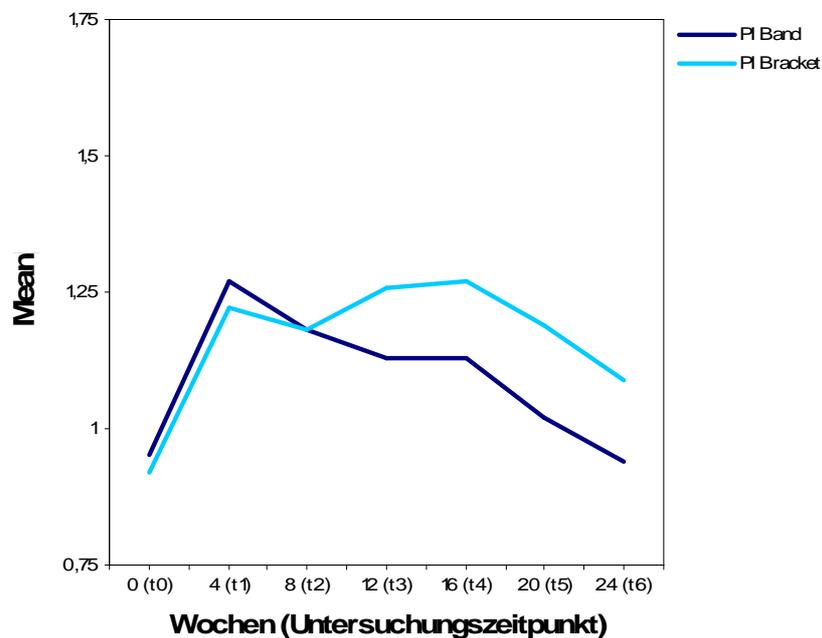
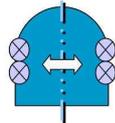
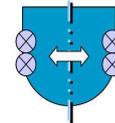


Abb. 9: Plaqueindex für Bänder und Brackets in der Kontrollgruppe

Bei der getrennten Betrachtung von Ober- und Unterkiefer (Tab. 19) unterschieden sich die Zähne mit Bändern und mit Brackets ebenfalls. Allerdings lagen die Plaqueindex-Werte an den Bändern im Oberkiefer signifikant höher als an den Brackets ($p=0,002$). Im Unterkiefer waren diese hingegen, wie bei der Gesamtbetrachtung, an den Brackets signifikant höher als an den Bändern ($p=0,0001$).



Oberkiefer 4er und 5er



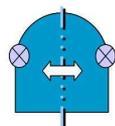
Unterkiefer 4er und 5er

	t	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
PI	0	1,02	0,78	=	1,01	0,79	0,891
	1-6	1,33	0,72	>	1,27	0,86	0,002

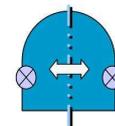
Mean	SD	=	Bracket		p
			Mean	SD	
0,88	0,59	=	0,84	0,61	0,246
0,89	0,63	<	1,13	0,73	0,0001

Tab. 19: Vergleich des Plaqueindex, getrennt für Ober- und Unterkiefer betrachtet (Kontrollgruppe)

Der Vergleich der einzelnen Zahngruppen im Oberkiefer (Tab. 20) ergab, dass bei den zweiten Prämolaren kein Unterschied zwischen Bändern und Brackets, den Plaqueindex betreffend, bestand. Die ersten Prämolaren wiesen an den Bändern signifikant höhere Plaqueindex-Werte auf als an den Brackets ($p=0,017$).



Oberkiefer 4er



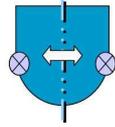
Oberkiefer 5er

	t	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
PI	0	0,98	0,81	=	1,00	0,82	0,852
	1-6	1,33	0,74	>	1,27	0,87	0,017

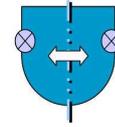
Mean	SD	=	Bracket		p
			Mean	SD	
1,05	0,74	=	1,02	0,76	0,559
1,33	0,70	=	1,28	0,85	0,054

Tab. 20: Vergleich des Plaqueindex, getrennt für Oberkiefer 4er und 5er betrachtet (Kontrollgruppe)

Wie Tabelle 21 zeigt, waren die Plaqueindex-Werte im Unterkiefer sowohl an den ersten als auch an den zweiten Prämolaren bei den mit Brackets beklebten Zähnen signifikant höher als bei den bebanderten (p=0,0001).



Unterkiefer 4er



Unterkiefer 5er

	T	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
PI	0	0,85	0,62	=	0,83	0,63	0,646
	1-6	0,89	0,63	<	1,15	0,75	0,0001

	Band		=	Bracket		p
	Mean	SD		Mean	SD	
	0,90	0,57	=	0,85	0,59	0,349
	0,89	0,63	<	1,11	0,72	0,0001

Tab. 21: Vergleich des Plaqueindex, getrennt für Unterkiefer 4er und 5er betrachtet (Kontrollgruppe)

5.1.4 Flächenbezogener Plaqueindex in der Kontroll-Gruppe

	PI Band (t0)					
Flächen	vm	v	vd	od	o	om
Mean	0,95 ^A	0,89 ^A	1,03 ^A	1,05 ^A	0,79 ^A	0,98 ^A
SD	0,78	0,71	0,75	0,63	0,67	0,60
Levene	0,0070					
ANOVA	0,1720					
KW	0,1360					

Tab. 22: Plaqueindex an den einzelnen Messpunkten der Zähne mit Bändern zu Beginn der Untersuchung (Kontrollgruppe)

	PI Bracket (t0)					
Flächen	vm	v	vd	od	o	om
Mean	1,06 ^A	0,80 ^A	0,93 ^A	1,00 ^A	0,76 ^A	0,99 ^A
SD	0,75	0,74	0,67	0,71	0,68	0,67
Levene	0,1010					
ANOVA	0,0460					
KW	-					

Tab. 23: Plaqueindex an den einzelnen Messpunkten der Zähne mit Brackets zu Beginn der Untersuchung (Kontrollgruppe)

Die Tabellen 22 und 23 zeigen, dass zu Beginn der Untersuchung für den Plaqueindex an den noch nicht mit Attachements versehenen Zähnen keine Unterschiede zwischen den einzelnen Messpunkten festgestellt werden konnten. Trotz dem schwach signifikanten ANOVA-Ergebnis bei den Zähnen die mit Brackets beklebt werden sollten ($p=0,046$) ergaben sich keine homogenen Untergruppen im Tukey-Test.

Während der Untersuchung unterschieden sich die Mittelwerte des Plaqueindex an den einzelnen Flächen schon. Bei den Bändern (Tab. 24) war vestibulär signifikant mehr Plaque festzustellen als oral. Dies traf ebenso für die Brackets zu (Tab. 25), wobei hier die Unterschiede noch deutlicher waren.

	PI Band (t1-6)					
Flächen	vm	v	vd	od	o	om
Mean	1,22 ^C	1,11 ^{BC}	1,21 ^C	1,14 ^{BC}	0,97 ^A	1,03 ^{AB}
SD	0,75	0,70	0,75	0,70	0,65	0,66
Levene	0,0001					
ANOVA	0,0001					
KW	0,0001					

Tab. 24: durchschnittlicher Plaqueindex an den einzelnen Messpunkten der Zähne mit Bändern während der Untersuchung (Kontrollgruppe)

	PI Bracket (t1-6)					
Flächen	vm	v	vd	od	o	om
Mean	1,49 ^C	1,46 ^C	1,45 ^C	1,03 ^B	0,83 ^A	0,94 ^{AB}
SD	0,83	0,80	0,78	0,73	0,70	0,68
Levene	0,0001					
ANOVA	0,0001					
KW	0,0001					

Tab. 25: durchschnittlicher Plaqueindex an den einzelnen Messpunkten der Zähne mit Brackets während der Untersuchung (Kontrollgruppe)

5.2 Klinische Parameter in der Cervitec®-Gruppe

5.2.1 Taschensondierungstiefen in der Cervitec®-Gruppe

	TST Band						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	2,35 ^A	2,60 ^B	2,65 ^{BC}	2,74 ^C	2,68 ^{BC}	2,67 ^{BC}	2,70 ^{BC}
SD	0,58	0,61	0,63	0,66	0,67	0,69	0,71
Levene	0,0001						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 26: Verlauf der Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Bändern (Cervitec®-Gruppe)

	TST Bracket						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	2,32 ^A	2,52 ^B	2,58 ^B	2,60 ^B	2,59 ^B	2,60 ^B	2,60 ^B
SD	0,61	0,61	0,59	0,63	0,59	0,62	0,67
Levene	0,1200						
ANOVA	0,0001						
KW	-						

Tab. 27: Verlauf der Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Brackets (Cervitec®-Gruppe)

Die Taschensondierungstiefen erhöhten sich in der Gruppe der mit dem Cervitec®-Lack behandelten Patienten vom Ausgangswert (t0) für beide Attachments signifikant bis zu Untersuchungszeitpunkt t1. Danach blieben die Werte für die Zähne mit Brackets konstant mit einem Mittelwert von 2,6 mm. Die Taschensondierungstiefen an den bebanderten Zähnen nahmen hingegen bis zum Untersuchungszeitpunkt t3 nochmals signifikant zu, um dann ebenfalls auf einem konstanten, aber höheren Niveau zu bleiben.

Dieser Unterschied zwischen den bebanderten und den mit Brackets beklebten Zähnen war während des kompletten Untersuchungszeitraumes signifikant ($p=0,0001$ bis $0,003$), mit stets höheren Werten für die Bänder (Tab. 28).

	t	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST	0	2,35	0,58	=	2,32	0,64	0,187
	1	2,60	0,61	>	2,52	0,61	0,0001
	2	2,65	0,63	>	2,58	0,59	0,003
	3	2,74	0,66	>	2,60	0,63	0,0001
	4	2,68	0,67	>	2,59	0,59	0,0001
	5	2,67	0,69	>	2,60	0,62	0,002
	6	2,70	0,71	>	2,60	0,67	0,0001

Tab. 28: Vergleich der Taschensondierungstiefen Band vs. Bracket (Cervitec®-Gruppe)

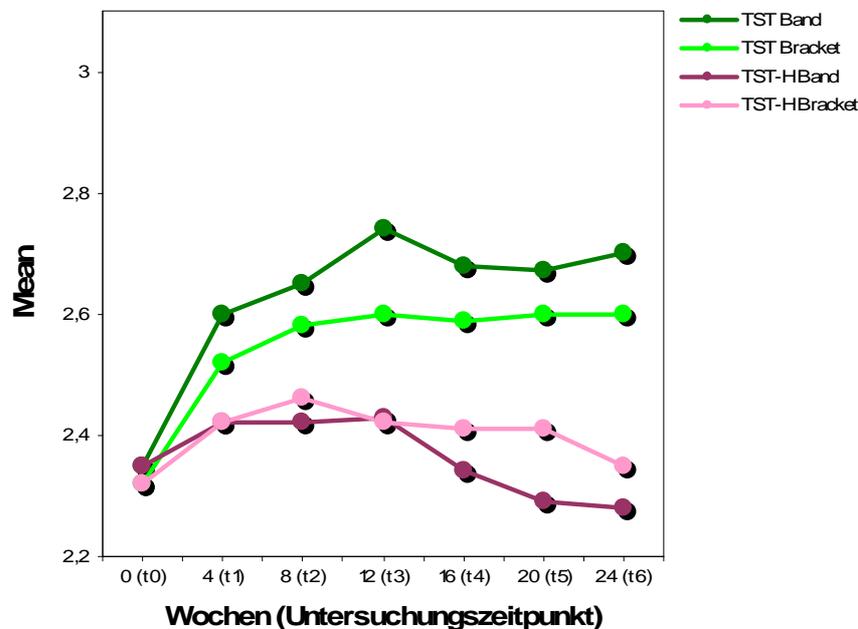


Abb. 14: Taschensondierungstiefen für Bänder und Brackets in der Cervitec®-Gruppe

Die Betrachtung der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen in der Cervitec®-Gruppe zeigte, dass sowohl bei den bebanderten als auch bei den mit Brackets beklebten Zähnen Veränderungen über den Untersuchungszeitraum auftraten (Tab. 29 und 30). Für beide Attachments stiegen die Werte anfangs signifikant an. An den bebanderten Zähnen fielen dann ab dem Zeitpunkt t2 die Sondierungstiefen bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes wieder signifikant ab.

Die um die Gingivahyperplasie bereinigten Sondierungstiefen an den Zähnen mit Brackets stabilisierten sich zunächst und fielen erst zum Ende des Untersuchungszeitraumes wieder signifikant ab. Bei beiden Attachments wurde hierbei ungefähr das Ausgangsniveau wieder erreicht.

	TST-H Band						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	2,35 ^{AB}	2,42 ^B	2,42 ^B	2,43 ^B	2,34 ^{AB}	2,29 ^A	2,28 ^A
SD	0,58	0,64	0,61	0,61	0,60	0,56	0,62
Levene	0,0030						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 29: Verlauf der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschen- sondierungstiefen an den Zähnen mit Bändern (Cervitec[®]-Gruppe)

	TST-H Bracket						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	2,32 ^A	2,42 ^{AB}	2,46 ^B	2,42 ^{AB}	2,41 ^{AB}	2,41 ^{AB}	2,35 ^{AB}
SD	1,08	0,67	0,61	0,60	0,56	0,56	0,61
Levene	0,0250						
ANOVA	0,5580						
KW	0,0200						

Tab. 30: Verlauf der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschen- sondierungstiefen an den Zähnen mit Brackets (Cervitec[®]-Gruppe)

Der Vergleich der Befestigungselemente untereinander in Tabelle 31 ergab jedoch signifikant höhere Werte an den Brackets ab dem Untersuchungszeitpunkt t4, insbesondere für den Zeitpunkt t5 ($p=0,0001$).

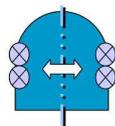
	t	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST-H	0	2,35	0,58	=	2,32	0,64	0,187
	1	2,42	0,64	=	2,42	0,67	0,857
	2	2,42	0,61	=	2,46	0,61	0,132
	3	2,43	0,61	=	2,42	0,60	0,865
	4	2,34	0,60	<	2,41	0,56	0,026
	5	2,29	0,56	<	2,41	0,56	0,0001
	6	2,28	0,62	<	2,35	0,61	0,015

Tab. 31: Vergleich der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen Band vs. Bracket (Cervitec®-Gruppe)

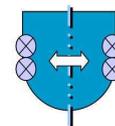
Bei der getrennten Betrachtung der Taschensondierungstiefen sowohl für Ober- und Unterkiefer (Tab. 32), als auch für die Zahngruppen 4er bzw. 5er pro Kiefer (Tab. 33 und 34) ergab sich in allen Gruppen ein signifikant erhöhter absoluter Taschensondierungswert für die Zähne mit Bändern ($p=0,0001$).

Die um die Gingivahyperplasie bereinigten Sondierungstiefen unterschieden sich lediglich bei der singulären Betrachtung der Oberkiefer Prämolaren. Hier ist der Mittelwert über den gesamten Untersuchungszeitraum an den Brackets signifikant höher als an den Bändern ($p=0,0001$).

Die anderen Gruppen ließen keine signifikanten Unterschiede zwischen Bändern und Brackets erkennen.



Oberkiefer 4er und 5er

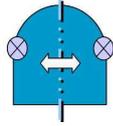


Unterkiefer 4er und 5er

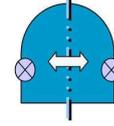
	t	Band		>	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST	0	2,39	0,59	>	2,32	0,69	0,042
	1-6	2,75	0,69	>	2,64	0,64	0,0001
TST-H	0	2,39	0,59	>	2,32	0,69	0,042
	1-6	2,41	0,60	<	2,47	0,59	0,0001

Band		=	Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
2,31	0,57	=	2,33	0,59	0,626
2,58	0,62	>	2,51	0,59	0,0001
2,31	0,57	=	2,33	0,59	0,626
2,31	0,62	=	2,34	0,61	0,085

Tab. 32: Vergleich der Taschensondierungstiefen, getrennt für Ober- und Unterkiefer betrachtet (Cervitec®-Gruppe)



Oberkiefer 4er

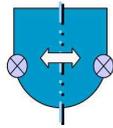


Oberkiefer 5er

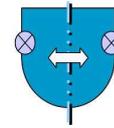
	T	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST	0	2,40	0,57	=	2,32	0,67	0,098
	1-6	2,71	0,66	>	2,63	0,64	0,0001
TST-H	0	2,40	0,57	=	2,32	0,67	0,098
	1-6	2,41	0,61	<	2,49	0,59	0,0001

Band			Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
2,37	0,62	=	2,32	0,71	0,250
2,78	0,71	>	2,65	0,64	0,0001
2,37	0,62	=	2,32	0,71	0,250
2,41	0,59	<	2,46	0,60	0,037

Tab. 33: Vergleich der Taschensondierungstiefen, getrennt für Oberkiefer 4er und 5er betrachtet (Cervitec®-Gruppe)



Unterkiefer 4er



Unterkiefer 5er

	T	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST	0	2,25	0,55	=	2,30	0,58	0,328
	1-6	2,56	0,60	>	2,48	0,56	0,0001
TST-H	0	2,25	0,55	=	2,30	0,58	0,328
	1-6	2,30	0,60	=	2,33	0,59	0,279

Band			Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
2,37	0,60	=	2,36	0,60	1,000
2,61	0,64	>	2,54	0,61	0,0001
2,37	0,60	=	2,36	0,60	1,000
2,32	0,64	=	2,36	0,63	0,180

Tab. 34: Vergleich der Taschensondierungstiefen, getrennt für Unterkiefer 4er und 5er betrachtet (Cervitec®-Gruppe)

5.2.2 Gingival-Index in der Cervitec®-Gruppe

	GI Band						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	0,46 ^A	0,87 ^B	0,99 ^B	1,20 ^C	0,98 ^B	0,96 ^B	1,01 ^B
SD	0,66	0,79	0,79	0,82	0,75	0,78	0,87
Levene	0,0001						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 35: Verlauf des Gingival-Index an den Zähnen mit Bändern (Cervitec®-Gruppe)

	GI Bracket						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	0,47 ^A	0,62 ^{AB}	0,64 ^B	0,68 ^B	0,68 ^B	0,73 ^B	0,67 ^B
SD	0,71	0,78	0,74	0,82	0,81	0,76	0,88
Levene	0,0001						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 36: Verlauf des Gingival-Index an den Zähnen mit Brackets (Cervitec®-Gruppe)

Nach einem anfänglich deutlichen Anstieg des Gingival-Index an den bebänderten Zähnen fiel dieser nach dem zweiten Auftragen des Lackes (t3) wieder deutlich ab. Die Werte stabilisierten sich danach auf einem Niveau über dem Ausgangsbefund, und es konnte danach keine signifikante Veränderung mehr festgestellt werden. Bei den Zähnen mit Brackets stieg der Gingival-Index anfänglich leicht an, blieb aber bereits ab dem Untersuchungszeitpunkt t1 sehr konstant.

	t	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI	0	0,46	0,66	=	0,47	0,71	0,766
	1	0,87	0,79	>	0,62	0,78	0,0001
	2	0,99	0,79	>	0,64	0,74	0,0001
	3	1,20	0,82	>	0,68	0,83	0,0001
	4	0,98	0,75	>	0,68	0,81	0,0001
	5	0,96	0,78	>	0,73	0,76	0,0001
	6	1,01	0,87	>	0,67	0,88	0,0001

Tab. 37: Vergleich des Gingival-Index Band vs. Bracket (Cervitec®-Gruppe)

Der Vergleich des Gingival-Index zwischen Zähnen mit Bändern und solchen mit Brackets (Tab. 37) zeigte, dass diese Indexwerte in der Cervitec®-Gruppe ebenfalls bei den bebänderten Zähnen über den gesamten Untersuchungszeitraum signifikant höher waren als bei den Zähnen mit Brackets (p=0,0001).

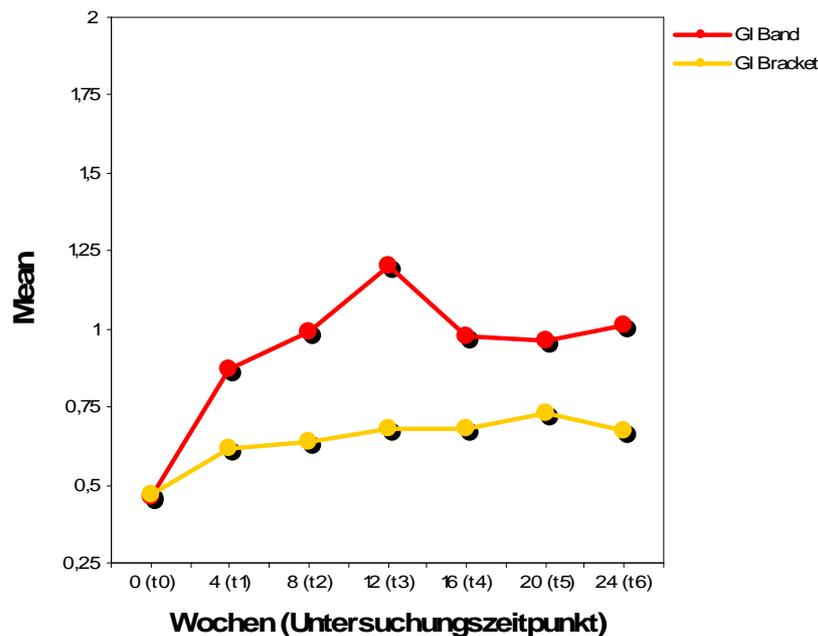
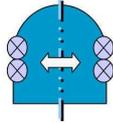


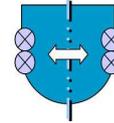
Abb. 15: Gingival-Index für Bänder und Brackets in der Cervitec®-Gruppe

Bei der Einzelbetrachtung der Gingival-Index Werte von Ober- und Unterkiefer sowie der einzelnen Zahngruppen über den gesamten Untersuchungszeitraum (Tab. 38-40) konnten ebenfalls durchweg signifikant höhere Werte an den bebänderten Zähnen gefunden werden (p=0,0001).



Oberkiefer 4er und 5er

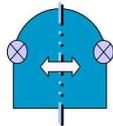
	t	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI	0	0,51	0,68	=	0,52	0,75	0,651
	1-6	1,09	0,85	>	0,72	0,83	0,0001



Unterkiefer 4er und 5er

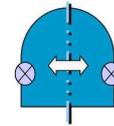
	Band		=	Bracket		p
	Mean	SD		Mean	SD	
GI	0,41	0,62	=	0,41	0,65	1,000
	0,89	0,74	>	0,61	0,75	0,0001

Tab. 38: Vergleich des Gingival-Index, getrennt für Oberkiefer 4er und 5er betrachtet (Cervitec®-Gruppe)



Oberkiefer 4er

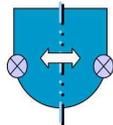
	T	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI	0	0,48	0,64	=	0,52	0,72	0,604
	1-6	1,03	0,85	>	0,72	0,83	0,0001



Oberkiefer 5er

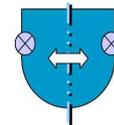
	Band		=	Bracket		p
	Mean	SD		Mean	SD	
GI	0,54	0,72	=	0,53	0,79	1,000
	1,14	0,85	>	0,73	0,83	0,0001

Tab. 39: Vergleich des Gingival-Index, getrennt für Oberkiefer 4er und 5er betrachtet (Cervitec®-Gruppe)



Unterkiefer 4er

	T	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI	0	0,38	0,62	=	0,39	0,63	0,793
	1-6	0,85	0,73	>	0,60	0,74	0,0001



Unterkiefer 5er

	Band		=	Bracket		p
	Mean	SD		Mean	SD	
GI	0,45	0,63	=	0,42	0,66	0,577
	0,94	0,75	>	0,61	0,76	0,0001

Tab. 40: Vergleich des Gingival-Index, getrennt für Unterkiefer 4er und 5er betrachtet (Cervitec®-Gruppe)

5.2.3 Plaqueindex in der Cervitec®-Gruppe

	PI Band						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	0,83 ^A	1,03 ^B	0,98 ^{AB}	0,96 ^{AB}	0,96 ^{AB}	0,86 ^A	0,89 ^A
SD	0,64	0,79	0,70	0,73	0,77	0,77	0,64
Levene	0,0001						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 41: Verlauf des Plaqueindex an den Zähnen mit Bändern (Cervitec®-Gruppe)

	PI Bracket						
T	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Mean	0,82 ^A	1,07 ^{CD}	1,05 ^{BCD}	1,10 ^D	1,00 ^{BCD}	0,93 ^{ABC}	0,92 ^{AB}
SD	0,71	0,78	0,70	0,78	0,81	0,71	0,69
Levene	0,0010						
ANOVA	0,0001						
KW	0,0001						

Tab. 42: Verlauf des Plaqueindex an den Zähnen mit Brackets (Cervitec®-Gruppe)

Auch der Plaqueindex in der Cervitec®-Gruppe stieg anfangs, wie alle anderen Indices, für Bänder und Brackets signifikant bis zum Untersuchungszeitpunkt t1 an. An den Zähnen mit Bändern nahm er dann bis zum Untersuchungsende wieder ab, während an den Zähnen mit Brackets bis zum zweiten Auftragen des Lackes (t3) der Plaqueindex noch weiter angestiegen war. Danach fiel auch an den mit Brackets beklebten Zähnen der Wert für den Plaqueindex wieder ab, jedoch weniger deutlich als bei den Bändern.

	t	Band			Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
PI	0	0,83	0,64	=	0,82	0,71	0,659
	1	1,03	0,79	=	1,07	0,78	0,131
	2	0,98	0,70	<	1,05	0,70	0,004
	3	0,96	0,73	<	1,10	0,78	0,0001
	4	0,96	0,77	=	1,00	0,81	0,192
	5	0,86	0,77	<	0,93	0,71	0,007
	6	0,89	0,64	=	0,92	0,69	0,235

Tab. 43: Vergleich des Plaqueindex Band vs. Bracket (Cervitec®-Gruppe)

Der Vergleich der beiden Attachments ergab in der Cervitec®-Gruppe generell nur geringe Unterschiede. Lediglich zu den Zeitpunkten t2 (p=0,004), t3 (p=0,0001) und t5 (p=0,007) war an den Zähnen mit Brackets ein signifikant höherer Plaqueindex zu messen.

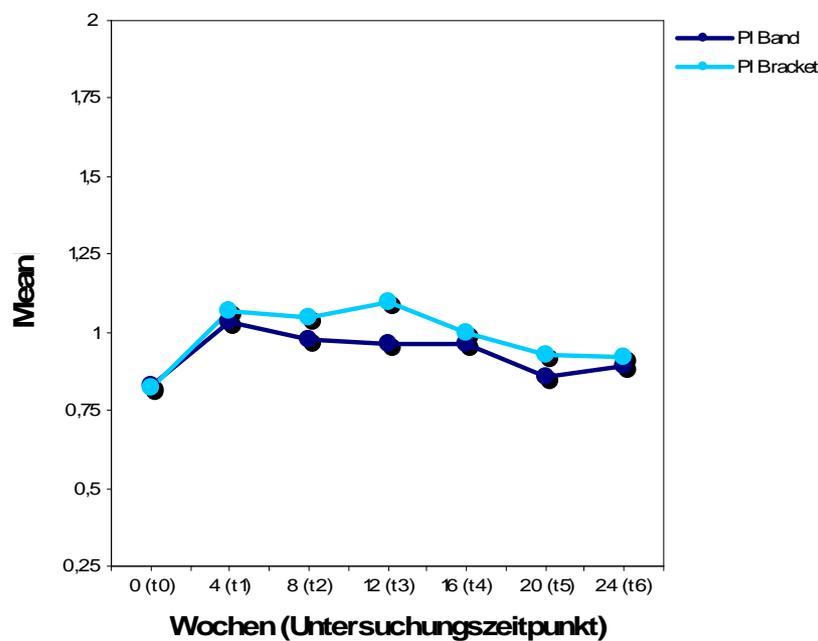
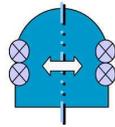
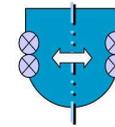


Abb. 16: Plaqueindex für Bänder und Brackets in der Cervitec®-Gruppe

Auch für den PI konnten bei der Einzelbetrachtung der Durchschnittswerte von Ober- und Unterkiefer sowie der einzelnen Zahngruppen über den gesamten Untersuchungszeitraum jeweils signifikante Unterschiede zwischen Bändern und Brackets gemessen werden. Allerdings waren für diesen Parameter die Messwerte nicht an den bebänderten Zähnen, sondern an den Brackets höher (Tab. 44-46).



Oberkiefer 4er und 5er

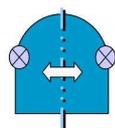


Unterkiefer 4er und 5er

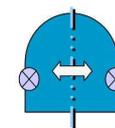
	T	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
PI	0	0,90	0,67	=	0,89	0,75	0,758
	1-6	1,00	0,78	<	1,06	0,79	0,0001

Band		=	Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
0,74	0,66	=	0,74	0,66	0,824
0,90	0,68	<	0,96	0,70	0,0001

Tab. 44: Vergleich des Plaqueindex, getrennt für Oberkiefer 4er und 5er betrachtet (Cervitec®-Gruppe)



Oberkiefer 4er

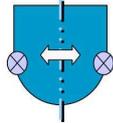


Oberkiefer 5er

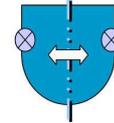
	T	Band		=	Bracket		p
		Mean	SD		Mean	SD	
PI	0	0,90	0,63	=	0,81	0,70	0,130
	1-6	0,99	0,77	<	1,07	0,79	0,0001

Band		=	Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
0,90	0,71	=	0,97	0,79	0,304
1,01	0,79	<	1,06	0,79	0,025

Tab. 45: Vergleich des Plaqueindex, getrennt für Oberkiefer 4er und 5er betrachtet (Cervitec®-Gruppe)



Unterkiefer 4er



Unterkiefer 5er

	Band			=	Bracket		
	T	Mean	SD		Mean	SD	p
PI	0	0,71	0,56	=	0,68	0,63	0,770
	1-6	0,87	0,67	<	0,93	0,70	0,012

Band		=	Bracket		p
Mean	SD		Mean	SD	
0,79	0,65	=	0,79	0,69	1,000
0,92	0,67	<	0,99	0,70	0,0001

Tab. 46: Vergleich des Plaqueindex, getrennt für Unterkiefer 4er und 5er betrachtet (Cervitec®-Gruppe)

5.2.4 Flächenbezogener Plaqueindex in der Cervitec®-Gruppe

	PI Band (t0)					
Flächen	vm	v	vd	od	o	om
Mean	1,04 ^C	0,71 ^{AB}	0,93 ^{BC}	0,84 ^{ABC}	0,63 ^A	0,85 ^{ABC}
SD	0,67	0,64	0,59	0,70	0,56	0,62
Levene	0,0920					
ANOVA	0,0010					
KW	0,0001					

Tab. 47: Plaqueindex an den einzelnen Messpunkten der Zähne mit Bändern zu Beginn der Untersuchung (Cervitec®-Gruppe)

	PI Bracket (t0)					
Flächen	vm	v	vd	od	o	om
Mean	0,90 ^A	0,73 ^A	0,90 ^A	0,86 ^A	0,60 ^A	0,91 ^A
SD	0,65	0,76	0,76	0,71	0,72	0,62
Levene	0,0030					
ANOVA	0,0250					
KW	0,0080					

Tab. 48: Plaqueindex an den einzelnen Messpunkten der Zähne mit Brackets zu Beginn der Untersuchung (Cervitec®-Gruppe)

Die Tabellen 47 und 48 zeigen den Plaqueindex zu Beginn der Untersuchung an den einzelnen Flächen. Zwar wurde an Hand der ANOVA festgestellt, dass ein geringer Unterschied zwischen den einzelnen Flächen vorliegt, allerdings zeigte der Tukey-Test keine Untergruppierung.

Während der Untersuchung unterschieden sich die Mittelwerte des Plaqueindex an den einzelnen Flächen signifikant, sowohl an den bebänderten als auch an den mit Brackets beklebten Zähnen, mit vestibulär höheren Werten als oral (Tab. 49 und 50).

	PI Band (t1-6)					
Flächen	vm	v	vd	od	o	om
Mean	1,07 ^A	0,97 ^A	1,07 ^A	0,90 ^A	0,80 ^A	0,90 ^A
SD	0,78	0,74	0,75	0,72	0,69	0,70
Levene	0,5260					
ANOVA	0,0001					
KW	-					

Tab. 49: durchschnittlicher Plaqueindex an den einzelnen Messpunkten der Zähne mit Bändern während der Untersuchung (Cervitec[®]-Gruppe)

	PI Bracket (t1-6)					
Flächen	vm	v	vd	od	o	om
Mean	1,18 ^B	0,99 ^B	1,26 ^B	0,97 ^B	0,80 ^{AB}	0,91 ^B
SD	0,78	0,77	0,80	0,72	0,69	0,64
Levene	0,0001					
ANOVA	0,0001					
KW	0,0001					

Tab. 50: durchschnittlicher Plaqueindex an den einzelnen Messpunkten der Zähne mit Brackets während der Untersuchung (Cervitec[®]-Gruppe)

5.3 Vergleich der Kontrollgruppe mit der Cervitec®-Gruppe

5.3.1 Taschensondierungstiefen in Kontroll- und Cervitec®-Gruppe

	t	Kontroll			Cervitec®		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST Band	0	2,28	0,69	=	2,35	0,58	0,145
	1	2,71	0,70	>	2,60	0,61	0,009
	2	2,87	0,72	>	2,65	0,63	0,0001
	3	2,96	0,74	>	2,74	0,66	0,0001
	4	3,02	0,76	>	2,68	0,67	0,0001
	5	3,03	0,80	>	2,67	0,69	0,0001
	6	3,03	0,81	>	2,70	0,71	0,0001
TST-H Band	0	2,28	0,69	=	2,35	0,58	0,145
	1	2,39	0,68	=	2,42	0,64	0,640
	2	2,40	0,65	=	2,42	0,61	0,606
	3	2,36	0,63	=	2,43	0,61	0,081
	4	2,31	0,65	=	2,34	0,60	0,559
	5	2,31	0,67	=	2,29	0,56	0,401
	6	2,30	0,70	=	2,28	0,62	0,377

Tab. 51: Vergleich der Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Bändern (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

Die absoluten Taschensondierungstiefen an den bebanderten Zähnen (Tab. 51) waren während des gesamten Verlaufs der Untersuchung in der Kontrollgruppe höher als in der Cervitec®-Gruppe ($p=0,0001$).

Hingegen konnte bei Betrachtung der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Bändern kein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der Cervitec®-Gruppe entdeckt werden.

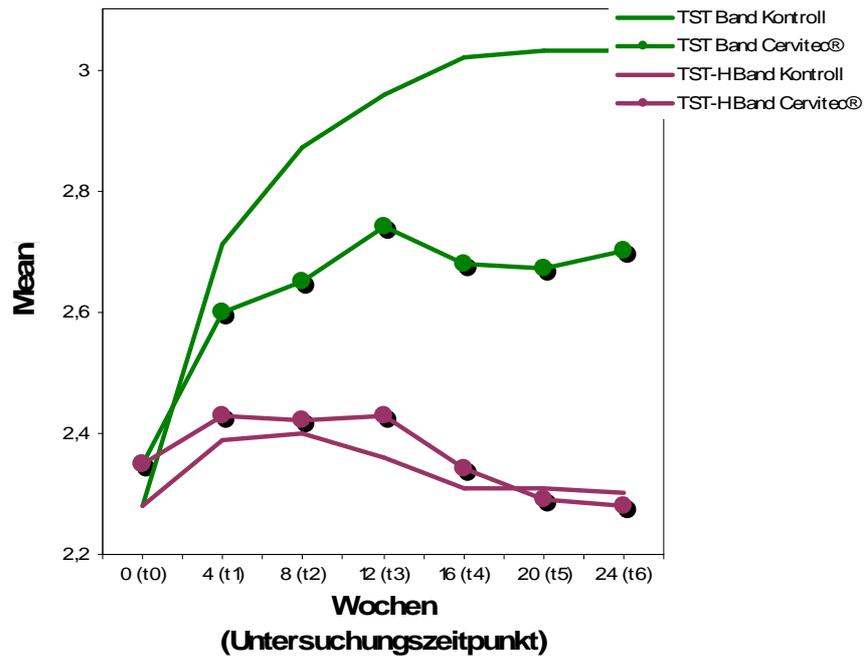


Abb. 17: Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Bändern (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

	t	Kontroll			Cervitec®		p
		Mean	SD		Mean	SD	
TST Bracket	0	2,24	0,71	=	2,32	0,64	0,074
	1	2,40	0,72	<	2,52	0,61	0,011
	2	2,52	0,63	=	2,58	0,59	0,343
	3	2,55	0,58	=	2,60	0,63	0,418
	4	2,61	0,60	=	2,59	0,59	0,284
	5	2,62	0,60	=	2,60	0,62	0,411
	6	2,63	0,61	=	2,60	0,67	0,261
TST-H Bracket	0	2,24	0,71	=	2,32	0,64	0,074
	1	2,33	0,71	<	2,42	0,67	0,037
	2	2,39	0,66	=	2,46	0,61	0,169
	3	2,34	0,64	=	2,42	0,60	0,099
	4	2,36	0,63	=	2,41	0,56	0,274
	5	2,35	0,64	=	2,41	0,56	0,282
	6	2,35	0,65	=	2,35	0,61	0,907

Tab. 52: Vergleich der Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Brackets (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

Die Taschensondierungstiefen an den mit Brackets beklebten Zähnen (Tab. 52) waren zum Untersuchungszeitpunkt t1 in der Cervitec®-Gruppe mit durchschnittlich 2,52 mm signifikant höher als in der Kontrollgruppe mit 2,40 mm ($p=0,011$). Im Anschluss konnte dann aber auch zu keinem Untersuchungszeitpunkt mehr ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bei den Zähnen mit Brackets festgestellt werden.

Diese Beobachtung trat ebenso bei der Betrachtung der um die Gingivahyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen zu Tage. Nach einem leicht erhöhten Wert in der Cervitec®-Gruppe zum Untersuchungszeitpunkt t1 ($p=0,037$) bestanden in der Folge keine Unterschiede mehr zwischen der Kontrollgruppe und der Cervitec®-Gruppe.

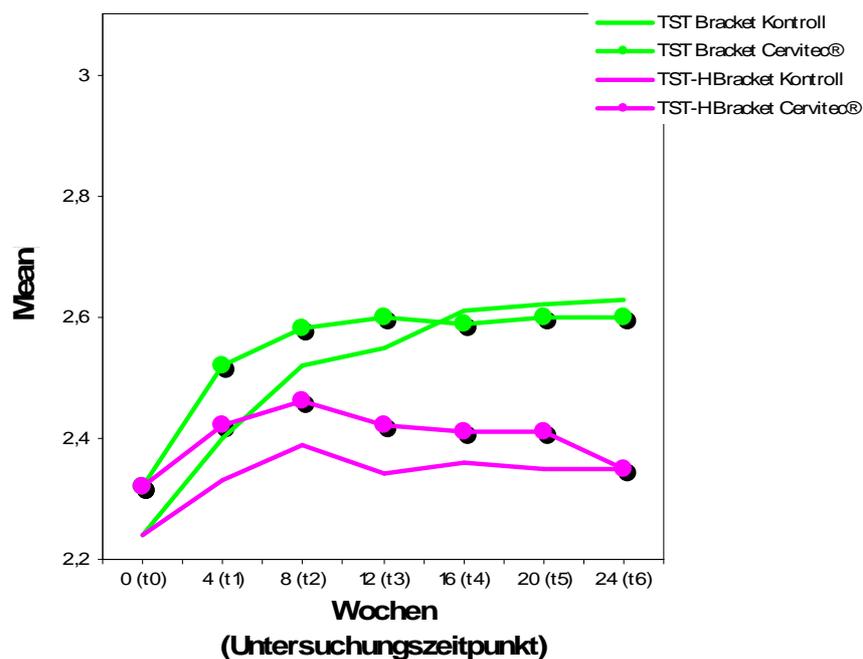


Abb. 18: Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Brackets (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

5.3.2 Gingival-Index in Kontroll- und Cervitec®-Gruppe

	t	Kontroll			Cervitec®		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI Band	0	0,53	0,72	=	0,46	0,66	0,287
	1	1,41	0,73	>	0,87	0,79	0,0001
	2	1,55	0,78	>	0,99	0,79	0,0001
	3	1,69	0,85	>	1,20	0,82	0,0001
	4	1,68	0,86	>	0,98	0,75	0,0001
	5	1,61	0,94	>	0,96	0,78	0,0001
	6	1,61	0,88	>	1,01	0,87	0,0001

Tab. 53: Vergleich des Gingival-Index an den Zähnen mit Bändern (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

	t	Kontroll			Cervitec®		p
		Mean	SD		Mean	SD	
GI Bracket	0	0,53	0,73	=	0,47	0,71	0,112
	1	0,87	0,80	>	0,62	0,78	0,0001
	2	0,75	0,77	>	0,64	0,74	0,036
	3	0,73	0,75	=	0,68	0,83	0,115
	4	0,67	0,73	=	0,68	0,81	0,636
	5	0,71	0,76	=	0,73	0,76	0,751
	6	0,72	0,80	=	0,67	0,88	0,118

Tab. 54: Vergleich des Gingival-Index an den Zähnen mit Brackets (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

Der Vergleich des Gingival-Index ergab für die behänderten Zähne (Tab. 53) zu allen Untersuchungszeitpunkten signifikant höhere Werte in der nicht mit dem Lack behandelten Kontrollgruppe ($p=0,0001$).

Bei den mit Brackets beklebten Zähnen (Tab. 54) bestand anfangs ein signifikanter Unterschied zum Zeitpunkt t1 ($p=0,0001$) und zum Zeitpunkt t2 ($p=0,036$) mit höheren Gingival-Index Werten in der Kontrollgruppe. Ab dem Zeitpunkt t3 war kein Unterschied zwischen der Kontroll- und der Cervitec®-Gruppe mehr feststellbar

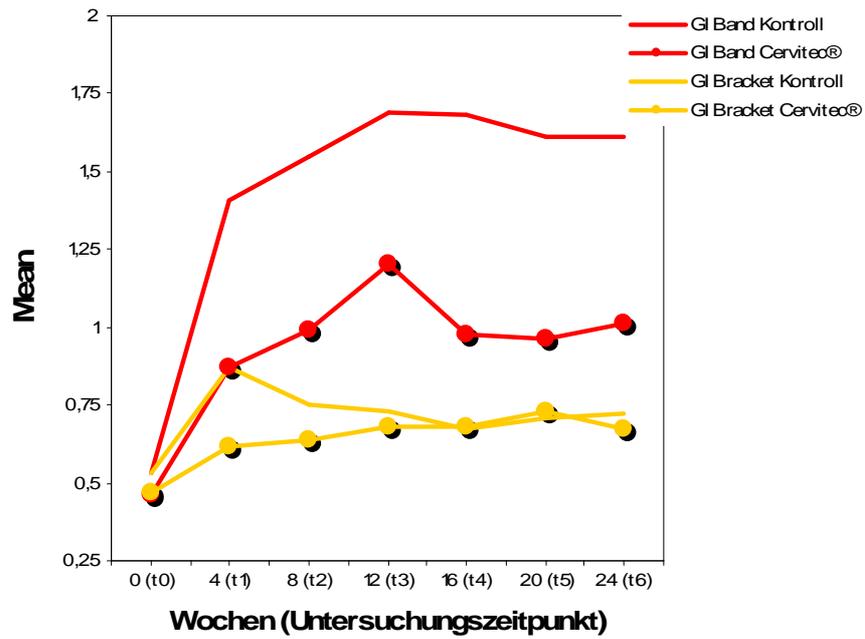


Abb. 19: Gingival-Index (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

5.3.3 Plaqueindex in Kontroll- und Cervitec®-Gruppe

	t	Kontroll			Cervitec®		p
		Mean	SD		Mean	SD	
PI Band	0	0,95	0,69	=	0,83	0,64	0,007
	1	1,27	0,81	>	1,03	0,79	0,0001
	2	1,18	0,70	>	0,98	0,70	0,0001
	3	1,13	0,72	>	0,96	0,73	0,0001
	4	1,13	0,69	>	0,96	0,77	0,0001
	5	1,02	0,63	>	0,86	0,77	0,0001
	6	0,94	0,66	>	0,89	0,64	0,030

Tab. 55: Vergleich des Plaqueindex an den Zähnen mit Bändern (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

	t	Kontroll			Cervitec®		p
		Mean	SD		Mean	SD	
PI Bracket	0	0,92	0,71	=	0,82	0,71	0,017
	1	1,22	0,82	>	1,07	0,78	0,004
	2	1,18	0,79	>	1,05	0,70	0,013
	3	1,26	0,81	>	1,10	0,78	0,001
	4	1,27	0,85	>	1,00	0,81	0,0001
	5	1,19	0,76	>	0,93	0,71	0,0001
	6	1,09	0,77	>	0,92	0,69	0,0001

Tab. 56: Vergleich des Plaqueindex an den Zähnen mit Brackets (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

Der Plaqueindex war zu allen Untersuchungszeitpunkten sowohl an den Zähnen mit Bändern (Tab. 55) als auch an denen mit Brackets (Tab. 56) in der Kontrollgruppe signifikant höher als in der Cervitec®-Gruppe.

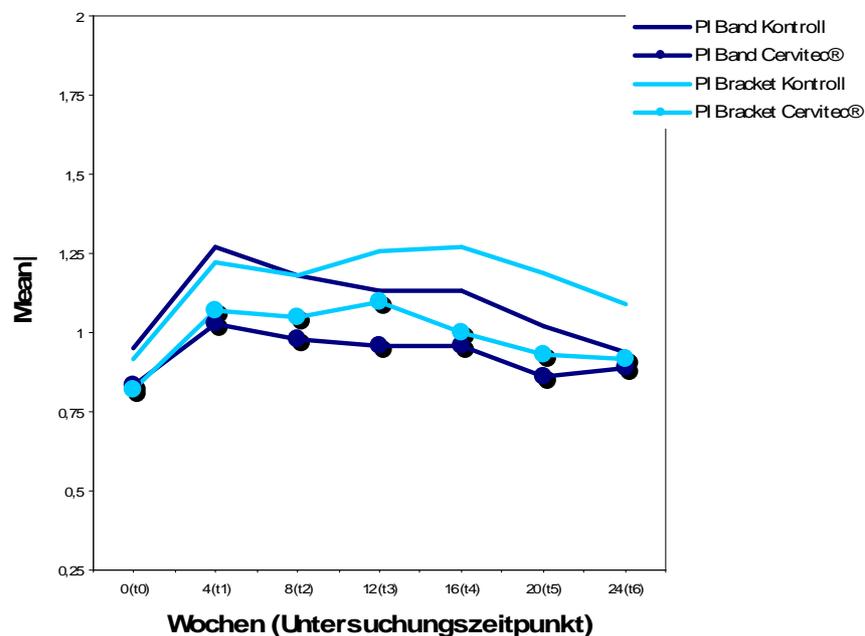


Abb. 20: Plaqueindex (Kontrollgruppe vs. Cervitec®-Gruppe)

6 Diskussion

6.1 Auswahl der Zähne und Studiendesign

An den Front- und Eckzähnen werden heutzutage routinemäßig geklebte Brackets verwendet, während deren Einsatz im Bereich der Molaren häufig Probleme birgt. Hohe Mastikationskräfte und vor allem der Einsatz von Gaumenbögen, Gummizügen und extraoralen Apparaturen lassen die Anwendung dieser geklebten Attachments an den Molaren als nicht sinnvoll erscheinen.

Ein weiterer und genereller Nachteil der Adhäsivtechnik im posterioren Bereich zeigt sich in der hohen Verlustrate von 20 bis 30% der Brackets durch Defizite bei der Trockenlegung während der Eingliederung [16, 57, 98].

Prämolaren hingegen können, je nach Länge der klinischen Krone und der persönlichen Präferenz des Behandlers, beklebt oder bebändert werden [95].

Für die vorliegende Studie wurden deshalb diese Zähne mit den beiden unterschiedlichen, kieferorthopädischen Befestigungselementen untersucht. Zur Optimierung der statistischen Aussage wurden jeweils zwei Brackets bzw. zwei Bänder am 1. und 2. Prämolare im split-mouth-design angebracht [41]. Die intraindividuelle Auswahl erfolgte aus Gründen der Randomisierung über ein Losverfahren.

Die grundsätzliche Verwendung der Gummiligaturen zur Fixierung des Drahtes an den Bändern und Brackets erfolgte um ein praxisnahes Procedere zu gewährleisten. Die Literatur stellt sich bezüglich der Verwendung von Stahl- oder Gummiligaturen nicht einheitlich dar. Einige Autoren raten von der Verwendung von Gummiligaturen bei nicht optimaler Mundhygiene ab, da eine höhere Tendenz zur Besiedlung mit Mikroorganismen beschrieben wurde [20, 32, 88, 92].

Dies war, zusätzlich zur besseren Praxisnähe, ein weiterer Grund für die Verwendung der Gummiligaturen. Damit konnte nämlich überprüft werden, ob und inwieweit der Cervitec®-Lack hier eine positive Wirkung entfalten kann.

6.2 Erhebung der klinischen parodontalen Parameter

Da die vertiefte Zahnfleischtasche eines der Leitsymptome der parodontalen Erkrankungen darstellt, wurde diese entsprechend gemessen. Bei Erhebung der Taschensondierungstiefe bleibt jedoch stets zu berücksichtigen, dass diese Messung von diversen Faktoren beeinflusst werden kann. Sie ist vom Zustand des Gewebes, der Reaktion des Patienten, der Sondierungskraft des Untersuchers und auch der Form, Einschubrichtung und Ablesegenauigkeit der Sonde abhängig und damit bleibt eine gewisse Messungenauigkeit unvermeidbar [45]. Um diese negativen Einflussfaktoren zu minimieren wurden sämtliche Messungen von nur einem Untersucher durchgeführt und erfolgten erst nach ausführlichem Konstanztraining.

Der Plaqueindex nach Silness und Loe wurde als Parameter für die Beurteilung des intraoralen Hygieniezustandes erhoben, während der Entzündungszustand durch den Gingival-Index nach Loe und Silness erfasst wurde. Diese Indices werden langjährig zur Kategorisierung der Hygiene- und Entzündungsbefunde herangezogen, und deren wissenschaftliche Eignung und Auswertbarkeit haben sich umfangreich bewährt [45].

Die Wahl von sechs statt nur vier Messpunkten erfolgte dabei aus dem Grund, dass sämtliche Parameter an allen Zähnen an diesen sechs Messpunkten erhoben wurden. Damit konnte auch die statistische Aussagekraft der Indices erhöht werden.

Die Erfassung der Gingivahyperplasie erfolgte aufgrund der Tatsache, dass bei den meisten Patienten im Zusammenhang mit einer festsitzenden kieferorthopädischen Behandlung eine chronische Gingivitis mit entzündlicher Hyperplasie und der Bildung von Pseudotaschen in Erscheinung tritt [11, 16, 46, 65, 96].

Daher muss bei der Beurteilung der klinisch festgestellten Veränderung der Taschen-Sondierungstiefen der Zusammenhang der mit der marginalen Entzündung einhergehenden ödematösen Schwellung der Gingiva berücksichtigt und abgezogen werden [73].

Deshalb wurde zu Beginn der Untersuchung direkt nach der Anbringung der kieferorthopädischen Attachments der Ausgangsabstand des Befestigungselementes

vom Gingivalsaum gemessen. Dies ermöglichte im Verlauf der Nachuntersuchungen die Erfassung der Gingivahyperplasie. So konnte durch Subtraktion dieser Werte von der jeweils gemessenen Taschentiefe die tatsächlich nach apikal veränderte oder nicht veränderte Sondierungstiefe ermittelt werden.

Eine Nachuntersuchung erfolgte alle vier Wochen, da dies dem normalen kieferorthopädischen Kontrollintervall entspricht und damit als realitätsnahe Beurteilungsgrundlage herangezogen werden sollte.

6.3 Verwendung von Cervitec®

Bei der Auswahl einer nachhaltig effektiven antibakteriell wirksamen Substanz weist keine einen entsprechend hohen bakteriziden Effekt wie Chlorhexidin auf. Weder Sanguinarin noch Triclosan noch Phenolderivate (Listerine®) können das Potenzial von Chlorhexidin erreichen [78].

Sowohl durch die Anwendung von Chlorhexidin-Mundspüllösungen als auch durch Chlorhexidin-Gele kann eine ausgeprägte Unterdrückung von Streptococcus mutans erreicht werden. Diese ist jedoch, wie nachgewiesen werden konnte, nur von relativ kurzer Dauer [54, 83, 102].

Zwar ist dadurch die Reduktion der Anzahl an Streptococcus mutans Keimen umfangreich belegt und damit auch die Reduktion des Kariesrisikos bewiesen, jedoch wurden die Auswirkungen auf die parodontalen Parameter bisher nur am Rande untersucht [63, 64].

Um den größten antimikrobiellen Effekt zu erzielen, muss ein Wirkstoff gezielt in ausreichender Konzentration dahin gelangen, wo er benötigt wird und dort lange genug einwirken können. Gels und Mundspüllösungen haben sich, wie beschrieben, aufgrund der kurzen Vorhaltezeit nur als bedingt geeignet erwiesen, während chlorhexidinhaltige Lacke eine Depotbildung des Wirkstoffes fördern. Da eine wesentliche Voraussetzung im Rahmen dieser Untersuchung die Minimierung der

von der Patientencompliance abhängigen Faktoren war, sollte deshalb ein Chlorhexidin-Lack verwendet werden.

Wie mehrfach untermauert, wurde ein Applikationsintervall von 12 Wochen gewählt. Weil danach die Anzahl der Streptococcus mutans Keime wieder deutlich ansteigt, wurde für jede 3. Nachuntersuchung eine Lackapplikation eingeplant [28, 53, 63, 64].

Problematisch ist sicher die Gewährleistung einer hundertprozentigen Einhaltung der Kautelen bzgl. der Vorbereitung des Arbeitsbereichs. Die geforderte völlige Plaquefreiheit ist im Praxisalltag ebenso wie die absolute Trockenheit des Arbeitsfeldes schwer zu gewährleisten. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde darauf sehr großer Wert gelegt.

6.4 Taschensondierungstiefen in der Kontrollgruppe

Bei Betrachtung der absoluten Taschensondierungstiefen ergab sich, dass nach gleichen Ausgangswerten, die Zähne mit Brackets signifikant geringere Sondierungstiefen aufwiesen als die behandelten Zähne.

Dies steht ebenso im Einklang mit den Untersuchungen von *Alexander (1991)* und *Boyd und Baumrind (1992)* wie die Beobachtung, dass bei den mit Brackets beklebten Zähnen auch eine Zunahme der Sondierungstiefe auftrat, welche jedoch signifikant geringer ausfiel als an den Bändern [2, 16].

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei der Zunahme der Sondierungstiefen laut einiger Autoren nicht um einem Attachmentverlust sondern um eine Gingivahyperplasie und somit eine Pseudotaschenbildung [11, 16, 46, 65, 96].

Als Ursachen hierfür werden mechanische Irritationen, zytotoxische Effekte durch den Befestigungszement und das Bandmaterial am Gingivarand sowie Irritationen durch eingelagerte Nahrungsreste und mangelnde Hygienefähigkeit angeführt [46, 101].

Für diese Annahme einer vorliegenden definierten Reizantwort spricht auch, dass sich die Sondierungstiefen sowohl bei Bändern als auch bei Brackets im Verlauf der Nachuntersuchungen asymptotisch einem Maximalwert annäherten.

Die Tatsache, dass auch die um die Hyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen zu Beginn der Studie angestiegen waren, spricht für einen von anderen Autoren angegeben parodontalen Attachmentverlust als zusätzliche Ursache für die Erhöhung der absoluten Sondierungstiefen [3, 16, 17, 96].

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigten eine Remission der um die Hyperplasie bereinigten Sondierungstiefen auf das Niveau des Ausgangswertes. Ob dieses Ansteigen und wieder Abfallen nur ein vorübergehender oder ein dauerhafter, und damit auch mit einem Alveolarknochenverlust einhergehender Zustand ist, wird kontrovers diskutiert [35, 39, 65, 97].

Bei der nach Kiefern bzw. Zahngruppen getrennten Betrachtung der Sondierungstiefen war entsprechendes sowohl für Bänder als auch für Brackets zu beobachten. Dies traf sowohl beim Vergleich der Zahngruppen als auch bei singulärer Betrachtung der 1. und 2. Prämolaren zu. Die hierbei tendenziell größere Reizantwort auf die Bänder im Oberkiefer als im Unterkiefer entspricht ähnlichen Beobachtungen von *Hamp et. al. (1982)*, *Owin und Diedrich (1990)* sowie *Trossello und Gianelly (1979)* [35, 65, 91]. Auch sie stellten für die Oberkieferzähne eine deutlichere Reizantwort auf eine festsitzende kieferorthopädische Behandlung fest als für die Unterkieferzähne, was auch *Boyd und Baumrind (1992)* in ihrer Studie bestätigen konnten [16].

Unterschiede bei den gemessenen Sondierungstiefen von 1. und 2. Prämolaren scheinen nicht in der Form eine Rolle zu spielen, wie beim Vergleich von Frontzähnen und Molaren. Da es sich bei den beiden Prämolaren lediglich um eine etwa 14 mm breite Zahngruppe handelt, kann hier nicht von einer unterschiedlichen Lokalisation innerhalb der Mundhöhle im eigentlichen Sinne gesprochen werden. Wenn hingegen tatsächlich anteriore und posteriore Zähne verglichen werden, treten hier signifikante Unterschiede bei den Sondierungstiefen zu Ungunsten der posterioren Zähne auf [46, 99, 101].

Nachuntersuchungen zur Dokumentation des Rückgangs der Hyperplasien nach Entfernung der Attachments waren nicht Bestandteil der Studie. Die Angaben hierzu sind übereinstimmend von zahlreichen Autoren beschrieben worden, und es wurde jeweils von einem raschen Rückgang berichtet [2, 11, 46, 101].

6.5 Gingival-Index und Plaqueindex in der Kontrollgruppe

Der Gingival-Index, als Maßstab für den Entzündungsgrad der marginalen Gingiva, lag ebenfalls bei den bebanderten Zähnen höher als bei den mit Brackets beklebten. Dies beweist, wie auch die bei Bändern höheren Sondierungstiefen, die größere Reizung des Parodonts durch die Bänder [2, 16, 98].

Im Gegensatz hierzu wies jedoch der Plaqueindex bei den beklebten Zähnen ab dem Untersuchungszeitpunkt t3 signifikant höhere Werte auf als an den Zähnen mit Bändern. Die Plaqueanlagerung am Bandmaterial scheint weniger stark zu erfolgen als an den natürlichen Oberflächen der mit Brackets beklebten Zähne. Während der Gingival-Index, analog den Taschensondierungstiefen, einem eher asymptotischen Verlauf über die Zeit folgte, fielen die Werte für den Plaqueindex bei den Brackets nach 16 Wochen und an den Bändern bereits nach 4 Wochen kontinuierlich wieder ab. Dies legt eine Beeinflussung durch die Patienten selbst aufgrund einer immer besser werdenden persönlichen Mundhygiene dar.

Das hierbei bessere Abschneiden der Bänder steht im Kontrast zu anderen Untersuchungen, in denen auch bezüglich des Plaqueindex, die Bänder im Nachteil waren [2, 16, 98].

Allerdings handelte es sich dabei jeweils um Molaren, weshalb ein differenzierter Vergleich der Ergebnisse mit denen der vorliegenden Untersuchung erforderlich ist.

Da die große Breite der Vestibularfläche der Molaren es ermöglicht ein Bracket mit großem Abstand zum Approximalraum zu platzieren, entsteht dabei keine so enge und steile Nische zwischen Bracket und Approximalraum wie an den Prämolaren. Somit ist an den mit Brackets beklebten Molaren der Approximalbereich besser für die Mundhygiene zugänglich als bei beklebten Prämolaren.

Außerdem tragen Molarenbänder zusätzliche Plaqueretentionsnischen wie Doppelröhrchen und Häkchen.

So scheint erklärbar, warum im Rahmen dieser Untersuchung die Patienten mit Brackets länger brauchten um ihre Plaqueindex-Werte wieder zu senken als die Patienten mit Bändern an den Prämolaren.

Die These der im Lauf der Zeit sich verbessernden Mundhygiene wird auch durch die Stabilisierung der Gingival-Index-Werte im Lauf der Untersuchung untermauert. Dieser, als Maßstab für die dauerhafte Mundhygienequalität heranziehbarer Index, war, ebenso wie der Plaqueindex als Indikator für den momentanen Hygienezustand, auch bei den Einzelbetrachtungen in den Zahngruppen und Kiefern entsprechend verteilt. Lediglich der bei Bändern niedrigere Plaqueindex für die Unterkieferzähne legt eine Präferenz dieser Attachments für diese Lokalisation aus Sicht der kurz- und langfristigen Hygienefähigkeit nahe.

Die detaillierte Betrachtung des Plaqueindex an den einzelnen Zahnflächen zeigte, wie zu erwarten, an den vestibulären Flächen höhere Werte als an den oralen. Einerseits durch die selbst reinigenden Einflüsse der Zunge auf den oralen Flächen und andererseits durch die von den Befestigungselementen bedingten Nischen auf der vestibulären Seite bedingt, konnten hier entsprechend Unterschiede festgestellt werden.

6.6 Ergebnisse in der Cervitec® - Gruppe

Der nach dem Untersuchungszeitpunkt 2 auftretende steile Anstieg der Taschensondierungstiefen und der Gingival-Index Werte bei den bebanderten Zähnen wird gefolgt von einem ebenso deutlichen Abfall derselben nach dem erneuten Auftragen von Cervitec® zum Untersuchungszeitpunkt 3. Dabei nähern sich die Werte wieder denen der Zähne mit den Brackets an und es liegt nahe, dass die Haftung und damit die Wirkung des Cervitec®-Lackes am Band schlechter ist als auf der natürlichen Zahnoberfläche. Das vielfach empfohlene Applikationsintervall von 12 Wochen scheint damit für Brackets durchaus geeignet, an Bändern hingegen sollte der Lack häufiger appliziert werden [28, 53, 63, 64].

Die Tatsache, dass außerhalb dieser Peaks nur geringe Unterschiede zwischen Bändern und Brackets bestehen zeigt, dass die Wirkung des Cervitec®-Lackes offenbar die band- bzw. bracketspezifischen Reize und parodontalen Einflüsse temporär abzuschwächen vermag. Tendenziell war dabei der Anstieg des Gingival-Index bei den bebanderten Zähnen höher als an den Zähnen mit Brackets, ähnlich den Beobachtungen von *Attin et al. (2005)* [6].

Beschriebene Nebenwirkungen von Chlorhexidin, wie Verfärbungen, sowie Schleimhaut- und Geschmacksirritationen konnte bei keinem Probanden festgestellt werden, ähnlich den Ergebnissen von *Zachrisson (1976)* [99].

Die detaillierte Betrachtung des Plaqueindex an den einzelnen Zahnflächen zeigte, dass in der Cervitec[®]-Gruppe auch an den vestibulären Flächen nur geringfügig höhere Werte feststellbar waren. Hier schien also der Chlorhexidin-Lack eine, im Vergleich zur Kontrollgruppe, niedrigere Akkumulation von Plaque zuzulassen.

6.7 Vergleich Kontrollgruppe / Cervitec[®] - Gruppe

Generell folgte der Verlauf der Taschensondierungstiefen an den Zähnen mit Bändern und an denen mit Brackets in der Cervitec[®]-Gruppe einem ähnlichen Muster wie in der Kontrollgruppe, jedoch auf niedrigerem Niveau.

Die geringere Zunahme der Sondierungstiefen in der Cervitec[®]-Gruppe scheint ein unmittelbarer Effekt des Chlorhexidin-Lackes zu sein, da die anderen Effekte wie mechanische Irritationen, zytotoxische Effekte durch den Befestigungszement und das Bandmaterial am Gingivarand ebenso vorhanden waren wie in der Kontrollgruppe [46, 101].

Die Tatsache, dass sowohl die Taschensondierungstiefen als auch die um die Hyperplasie bereinigten Sondierungstiefen über den gesamten Untersuchungszeitraum an den Zähnen mit Brackets in der Kontrollgruppe nicht höher war als in der Cervitec[®]-Gruppe, spricht für einen vorwiegend durch mechanische und toxische Reize sowie die kieferorthopädische Behandlung an sich bedingte Erhöhung der Sondierungstiefen an den mit Brackets beklebten Zähnen [11, 16, 46, 65, 96].

Die Veränderung dieses Parameters durch mikrobiologische Einflüsse schien im Rahmen der vorliegenden Untersuchung während der kieferorthopädischen Behandlung nicht von ausschlaggebendem Charakter gewesen zu sein.

Der für die Brackets deutlich ungünstigere Verlauf des Plaqueindex in der Kontrollgruppe, welcher durch die komplizierte vestibulär-approximale Nischenbildung an den mit Brackets beklebten Prämolaren erklärbar erschien, konnte durch die Applikation des Cervitec[®]-Lackes abgemildert werden. Allerdings ist die beim Nachlassen der Wirkung des Chlorhexidin-Lackes über die Zeit zu beobachtende Annäherungstendenz an die Werte der Kontrollgruppe zu berücksichtigen und ein entsprechender Rückschluss auf das zu empfehlende Reapplikationsintervall zu ziehen [28, 53, 63].

Wie auch von *Attin et al. (2005)* beschrieben war nach acht Wochen noch kein nennenswerter Unterschied zwischen Band und Bracket innerhalb der Cervitec[®]-Gruppe feststellbar [6]. Somit scheint eine Reapplikation nach acht Wochen nachhaltiger positiv zu wirken als nach 12 Wochen und damit der von Anfang an zu beobachtende flachere Anstieg aller Messwerte in der Cervitec[®]-Gruppe konsequenter durchsetzbar.

6.8 Schlussfolgerungen

Eine allgemeingültige Empfehlung bezüglich der Verwendung von Bändern oder Brackets kann nicht gegeben werden.

Wenn die klinische Situation dieses erlaubt, sollten bevorzugt Brackets, zumindest bis zu den 2. Prämolaren, eingesetzt werden um das Parodont weniger negativ zu beeinflussen. Das erhöhte Risiko einer Demineralisierung durch die nachgewiesene höhere Plaqueakkumulation auf der Zahnhartsubstanz relativiert diese Empfehlung jedoch.

Die Entscheidung, ob Bänder oder Brackets zum Einsatz kommen sollen, muss nämlich vor allem auch in Abhängigkeit von der Mundhygienefähigkeit und Verlässlichkeit des jeweiligen Patienten getroffen werden.

So sollte im Vorfeld diese Frage geklärt und die Therapie darauf abgestimmt sein.

Bei Patienten mit problematischer Mundhygiene und Verlässlichkeit scheinen damit eher Bänder, und bei solchen mit guter Kooperation hingegen Brackets empfehlenswert.

Ein großer Vorteil hinsichtlich der Vermeidung von Folgeschäden besteht in der Offensichtlichkeit einer Lockerung eines Brackets. Bei einem Band kann dies unter Umständen unbemerkt bleiben und zu einer Keimbesiedelung des entstehenden Spaltes zwischen Zahn und Band führen. So können eine zusätzliche Reizung der Gingiva und die Entstehung von Karies die Folgen sein.

Der Cervitec[®]-Lack scheint zur Reduktion von kieferorthopädisch induzierten Hartsubstanzläsionen empfehlenswert. Bezüglich der parodontalen Parameter ist der Effekt ebenfalls positiv zu bewerten, scheint aber nicht von ausschlaggebendem Charakter für die langfristige parodontale Gesundheit zu sein.

7 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden randomisierten klinischen Untersuchung sollte der Einfluss festsitzender kieferorthopädischer Befestigungselemente und, in Kombination damit, auch der Einfluss des chlorhexidinhaltigen Lackes Cervitec® auf das marginale Parodont untersucht werden.

Dabei wurde ein split-mouth-design mit Brackets auf einer, und Bändern auf der anderen Seite desselben Patienten per Los verwirklicht.

Insgesamt wurden 320 Zähne von 40 Kindern und Jugendlichen nach diesen Kriterien in die Studie einbezogen und per Zufall mit den unterschiedlichen Befestigungselementen versorgt. Der Cervitec®-Lack wurde bei 20, ebenfalls durch Zufall bestimmten Patienten zu Beginn der Studie sowie nach 12 und 24 Wochen aufgetragen.

Die Messung der absoluten Taschensondierungstiefen bzw. der Sondierungstiefen abzüglich der aufgetretenen Hyperplasie sowie des Plaqueindex und des Gingival-Index erfolgte nach der Initialbefundung jeweils alle 4 Wochen bis zum Ende der Untersuchung nach 24 Wochen.

Sowohl die absoluten Taschensondierungstiefen als auch beide Indices stiegen bei allen Patienten nach Eingliederung der kieferorthopädischen Apparaturen an, unabhängig von der Art des Befestigungselementes. Allerdings war bereits der anfängliche Anstieg sämtlicher Werte geringer nach Auftragen des Cervitec®-Lackes als bei den Patienten der Kontrollgruppe.

In dieser konnte der Anstieg von Gingival-Index und Taschensondierungstiefen als Indiz für eine größere Reizung durch die Bänder als durch die Brackets erkannt werden. Der Plaqueindex hingegen war an den Zähnen mit Brackets signifikant höher als an den bebänderten.

Die mit dem Cervitec®-Lack behandelten Patienten wiesen für beide Befestigungselemente bei den Taschensondierungstiefen und dem Gingival-Index deutlich geringere Anstiege auf, und auch der ungünstigere Verlauf des Plaqueindex an den Brackets in der Kontrollgruppe konnte mit Hilfe des Cervitec®-Lackes abgemildert werden.

Bei der Betrachtung der um die aufgetretene Gingivahyperplasie bereinigten Taschensondierungstiefen, als Maß für einen Attachmentverlust, konnte weder bei den beänderten Zähnen noch bei den mit Brackets beklebten ein signifikanter Unterschied festgestellt, und entsprechend die erhöhten absoluten Sondierungstiefen primär als Pseudotaschenbildung durch mechanische Irritationen und zytotoxische Effekte interpretiert werden. Ein Attachmentverlust als dauerhafte parodontale Schädigung trat damit während des Untersuchungszeitraumes nicht auf.

Bezüglich der Verwendung der Attachments legen die Ergebnisse nahe, zumindest bis zu den 2. Prämolaren bevorzugt Brackets zu verwenden - wenn die klinische Situation dieses erlaubt - um das Parodont weniger negativ zu beeinflussen. Das erhöhte Risiko einer Demineralisierung durch die nachgewiesenen höhere Plaqueakkumulation auf der Zahnhartsubstanz der Prämolaren verlangt nach einer effektiveren Mundhygiene und relativiert somit diese Empfehlung.

Dabei scheint allerdings der chlorhexidinhaltige Cervitec[®]-Lack zur Reduktion von kieferorthopädisch induzierten Hartsubstanzläsionen empfehlenswert, und er vermag hier präventiv zu wirken. Die Tatsache, dass vor der erneuten Applikation des Lackes in der Zeit zwischen 9. und 12. Woche eine deutliche Verschlechterung einiger Parameter aufgetreten war, legt allerdings eine Verkürzung des vom Hersteller empfohlenen Applikationsintervalls von 12 auf 8 Wochen nahe.

8 Literatur

1. *Ahn S.J., Lim B.S., Yang H.C., Chang Y.I.*: Quantitative analysis of the adhesion of cariogenic streptococci to orthodontic metal brackets. *Angle Orthod* 75(4), 666-671 (2005)
2. *Alexander S.A.*: Effects of orthodontic attachments on the gingival health of permanent second molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 100, 337-340 (1991)
3. *Alstad S., Zachrisson B.U.*: Longitudinal study of periodontal condition associated with orthodontic treatment in adolescents. *Am J Orthod* 76, 277-286 (1979)
4. *Atack N.E., Sandy J.R., Addy M.*: Periodontal and microbiological changes associated with the placement of orthodontic appliances. A review. *J Periodontol* 67, 78-85 (1996)
5. *Atherton J.D., Kerr N.W.*: Effect of orthodontic tooth movement upon the gingiva. *Br Dent J* 124, 555 (1959)
6. *Attin R., Thon C., Schlagenhauf U., Werner C., Wiegand A., Hannig C., Attin T.*: Recolonization of mutans streptococci on teeth with orthodontic appliances after antimicrobial therapy. *Eur J Orthod* 27, 489–493 (2005)
7. *Attin R., Tuna A., Attin T., et al.*: Efficacy of different concentrated chlorhexidine varnishes in decreasing mutans streptococci and lactobacilli counts. *Arch Oral Biol* 48, 503-509 (2003)
8. *Axelsson P., Lindhe J.*: The effect of a preventive program on dental plaque, gingivitis and caries in school children. Results after 1 and 2 years. *J Clin Periodontol* 1, 126-138 (1974)
9. *Bader J.D., Shugars D.A., Bonito A.J.*: A systematic review of selected caries prevention and management methods. *Community Dent Oral Epidemiol* 29, 399-411 (2001)
10. *Balenseifen J.W., Madonia J.V.*: Study of dental plaque in orthodontic patients. *J Dent Res* 60, 1936-1942 (1981)
11. *Bear P.N., Cocco J.*: Gingival enlargement coincident with orthodontic therapy. *J Periodontol* 35, 436-439 (1964)

12. *Beyth N., Redlich M., Harari D., Friedman M., Steinberg D.*: Effect of sustained-release chlorhexidine varnish on *Streptococcus mutans* and *Actinomyces viscosus* in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 123(3), 345-348 (2003)
13. *Bizang M.*: Theorie und Praxis der Chlorhexidinanwendung. Quintessenz Team. J 30, 123-128 (2000);
14. *Bloom R.H., Brown L.R.*: A study of the effects of orthodontic appliances on the oral microbial flora. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 17, 658-667 (1964)
15. *Boisson M.C., Gianelly A.A., Ruben M.P., Randall F.J., Bloom A.A.*: Epithelial changes incident to tooth movement: A radioautographic analysis. *J Periodontol* 47, 335-341 (1976)
16. *Boyd R.L., Baumrind S.*: Periodontal considerations in the use of bands or bonds on molars in adolescents and adults. *Angle Orthod* 62, 117-126 (1992)
17. *Boyd R.L., Leggott P.J., Quinn R.S., Chambers D.W.*: Periodontal implications of orthodontic treatment in adults with reduced or normal periodontal tissues versus those of adolescents. *Am J Dentofacial Orthop* 96, 191-199 (1989)
18. *Boyd R.L.*: Longitudinal evaluation of a system for self-monitoring plaque control effectiveness in orthodontic patients. *J Clin Periodontol* 10, 380-388 (1983)
19. *Brandt S., Servoss J.M., Wolfson J.*: Practical methods of bonding direct and indirect. *J Clin Orthod* 9(10):610-621, 624-635 (1975)
20. *Bretas S.M., Macari S., Elias A.M., Ito I.Y., Matsumoto M.A.*: Effect of 0.4% stannous fluoride gel on *Streptococci mutans* in relation to elastomeric rings and steel ligatures in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 127(4):428-433 (2005)
21. *Cleghorn B., Bowden G.H.*: The effect of pH on the sensitivity of species of *Lactobacillus* to chlorhexidine and antibiotics minocycline and spiramycin. *J Dent Res* 68, 1146-1150 (1989)
22. *Diamanti-Kipiotti A., Gusberti F.A., Lang, N.P.*: Clinical and microbiological effects of fixed orthodontic appliances. *J Clin Periodontol* 14, 326-333 (1987)
23. *Diedrich P., Rudzki-Janson I, Wehrbein H., Fritz U.*: Effects of orthodontic bands on marginal periodontal tissues. A histologic study on two human specimens. *J Orofac Orthop* 62(2);146-56 (2001)

24. *Emilson C.G., Fornell J.:* Effect of toothbrushing with chlorhexidine gel on salivary microflora, oral hygiene and caries. *Scand J Dent Res* 84, 308-319 (1976)
25. *Emilson C.G.:* Outlook for hibitane in dental caries. *J Clin Periodontol* 4, 136-143 (1977)
26. *Emilson C.G.:* Potential efficacy of chlorhexidine against mutans streptococci and human dental caries. *J Dent Res* 73, 682–691 (1994)
27. *Ericsson I., Thilander B., Lindhe J., Okamoto H.:* The effect of orthodontic tilting movements on the periodontal tissues of infected and non-infected dentitions in dogs. *J Clin Periodontol* 4, 278-293 (1977)
28. *Eronat C., Alpoz A.R.:* Effect of Cervitec varnish on the salivary *Streptococcus mutans* levels in the patients with fixed orthodontic appliances. *J Marmara Univ Dent Fac* 2(4), 605-608 (1997)
29. *Fardal O., Turnbull R.S.:* A review of literature on use of chlorhexidine in dentistry. *J Am Dent Assoc* 112, 863-869 (1986)
30. *Feliu J.L.:* Long-term benefits of orthodontic treatment on oral hygiene. *Am J Orthod* 82(6):473-477 (1982)
31. *Flores de Jacoby L., Müller H.P.:* Zusammensetzung der subgingivalen Mundflora bei Trägern abnehmbarer kieferorthopädischer Geräte. *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift* 37, 925-928 (1982)
32. *Forsberg C.M., Brattstrom V., Malmberg E., Nord C.E.:* Ligature wires and elastomeric rings: two methods of ligation, and their association with microbial colonization of *Streptococcus mutans* and lactobacilli. *Eur J Orthod* 13(5):416-420 (1991)
33. *Freundorfer A., Purucker P, Miethke R.-R.:* Kieferorthopädische Behandlungen können ohne professionelle Mundhygiene zu dauerhaften Veränderungen der subgingivalen Plaqueflora führen. *Prakt Kieferorthop* 7,187-200 (1993)
34. *Grimsdottier M.R., Hensten-Pattersen A.:* Cytotoxic and antibacterial effect of orthodontic appliances. *Scand J Dent Res* 101 84 9:229-231(1993)
35. *Hamp S.E., Lundstrom F., Nyman S.:* Periodontal conditions in adolescents subjected to multiband orthodontic treatment with controlled oral hygiene. *Eur J Orthod* 4(2):77-86 (1982)

36. *Hardie J.M.*: Oral microbiology: Current concepts in the microbiology of dental caries and periodontal disease. *Br Dent J* 172, 271-278 (1992)
37. *Heintze S.D., Miethke R.-R.*: Kieferorthopädie und Kariesrisiko. *Prakt Kieferorthop* 7,31-46 (1993)
38. *Hennessey T.D.*: Some antibacterial properties of chlorhexidine. *J Periodont Res* 8 (Suppl 12), 61-67 (1973)
39. *Hollender L., Ronnerman A., Thilander B.*: Root resorption, marginal bone support and clinical crown length in orthodontically treated patients. *Eur J Orthod* 2(4):197-205 (1980)
40. *Huber S.J., Vernio A.R., Nand R.S.*: Professional prophylaxis and its effect on the periodontium of full-banded orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 91, 321-327 (1987)
41. *Huser M.C., Baehni P.C., Lang R.*: Effects of orthodontic bands on microbiologic and clinical parameters. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 97, 213-218 (1990)
42. *Jenatschke F., Eisenberger E., Welte H.D., Schlagenhaut U.*: Influence of repeated chlorhexidine varnish applications on mutans streptococci counts and caries increment in patients treated with fixed orthodontic appliances. *J Orofac Orthop* 62, 36–45 (2001)
43. *Jonas I.*: Die Reaktionsweise des Parodonts auf Kraftapplikation. *Fortschr Kieferorthop* 41, 228-235 (1980)
44. *Kahl-Nieke B.*: Einführung in die Kieferorthopädie. Urban & Schwarzenberg, 156-176 (1995)
45. *Kinane D.F., Lindhe J.*: Pathogenesis of periodontitis. In: *Lindhe J., Thorkild K., Lang N.*: Clinical periodontology and implant dentistry. 3rd Edition Munksgard International Publishers Chapter 5, 189-225 (1997)
46. *Kloehn J.S., Pfeifer J.S.*: The effect of orthodontic treatment on the periodontium. *Angle Orthod* 44, 127-134 (1974)
47. *Kouraki E., Bissada N.F., Palomo J.M., Ficara A.J.*: Gingival enlargement and resolution during and after orthodontic treatment. *N Y State Dent J* 71(4), 34-37 (2005)
48. *Lang N.P., Kiel R.A., Anderhalden K.*: Clinical and microbiological effects of subgingival restorations with overhanging or clinically perfect margins. *J Clin Periodontol* 10, 563-578 (1983)

49. *Listgarten M.A., Helldén L.:* Relative distribution of bacteria at clinically healthy and periodontally diseased sites in humans. *J Clin Periodontol* 5, 115-132 (1978)
50. *Locci P., Marinucci L., Lilli C., Belcastro S., Staffolani N., Bellocchio S., Damiani F., Becchetti E.:* Biocompatibility of alloys used in orthodontics evaluated by cell culture tests. *J Biomed Mater Res* 15;51(4), 561-568 (2000)
51. *Löe H., von der Fehr F.R., Schiott C.R.:* Inhibition of experimental caries by plaque prevention. The effect of chlorhexidine mouthrinses. *Scand J Dent Res* 80, 1-9 (1972)
52. *Lundström F., Hamp S.E., Nyman S.:* Systemic plaque control in children undergoing long-term orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 2, 27-39 (1980)
53. *Madlena M., Vitalyos G., Marton S., Nagy G.:* Effect of chlorhexidine varnish on bacterial levels in plaque and saliva during orthodontic treatment. *J Clin Dent* 11, 42-46 (2000)
54. *Maltz M., Zickert B.K.I.:* Effect of intensive treatment with chlorhexidine on number of streptococcus mutans in saliva. *Scand J Dent Res* 89, 445-449 (1981)
55. *Marks S.C. Jr.:* Osteoclast biology: Lessons from mammalian mutations. *Am J Med Genet* 34, 43-57 (1989)
56. *Mizrahi E.:* Enamel demineralization following orthodontic treatment. *Am J Orthod* 82(1), 62-67 (1982)
57. *Mizrahi E.:* Orthodontic bands and directly bonded brackets: A review of clinical failure rate. *J Dent* 11, 231-236 (1983)
58. *Mockers O., Deroze D., Camps J.:* Cytotoxicity of orthodontic bands, brackets and archwires in vitro. *Dent Mater* 18(4), 311-317 (2002)
59. *Müller H.P., Flores de Jacoby L.:* Zusammensetzung der subgingivalen Mundflora bei Trägern festsitzender kieferorthopädischer Geräte. *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift* 37, 855-860 (1982)
60. *Murakami T., Yokota S., Takahama Y.:* Periodontal changes after experimentally induced intrusion of the upper incisor in *Macaca fusata* monkeys. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 95, 115-126 (1989)
61. *O`Reilly M.M., Featherstone J.D.:* De- and remineralization around orthodontic appliance: an in vivo study. *Am J Orthop* 92, 33-40 (1987)

62. *Offenbacher S.*: Periodontal disease: Pathogenesis. *Ann Periodontol* 1, 821-878 (1996)
63. *Øgaard B., Larsson E., Glans R., Henriksson T., Birkhed D.*: Antimicrobial effect of a chlorhexidine-thymol varnish (Cervitec) in orthodontic patients. A prospective, randomized clinical trial. *J Orofac Orthop* 58, 206–213 (1997)
64. *Øgaard B., Larsson E., Henriksson T., Birkhed D., Bishara .S.E.*: Effects of combined application of antimicrobial and fluoride varnishes in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 120(1), 28-35 (2001 Jul); Erratum in: *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 120(3), 279 (2001)
65. *Owin K., Diedrich P.*: Veränderung parodontaler Parameter während der kieferorthopädischen Behandlung. *Dtsch Zahnärztl Z* 45, 109-112 (1990)
66. *Pancherz H., Mühlich P.*: Entwicklung von Karies bei kieferorthopädischer Behandlung mit festsitzenden Apparaturen- Ein Vergleich von Zähnen mit und ohne Kariesvorschädigungen. *Kieferorthop* 11, 139-44 (1997)
67. *Paolantonio M., Festa F., di Placido G., D'Attilio M., Catamo G., Piccolomini R.*: Site-specific subgingival colonization by *Actinobacillus actinomycetemcomitans* in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 115(4):423-428 (1999)
68. *Paolantonio M., Pedrazzoli V., di Murro C., di Placido G., Picciani C., Catamo G., De Luca M., Piaccolomini R.*: Clinical significance of *Actinobacillus actinomycetemcomitans* in young individuals during orthodontic treatment. A 3-year longitudinal study. *J Clin Periodontol* 24(9 Pt 1):610-617 (1997)
69. *Petti S., Barbato E., Simonetti D Àrca A.*: Effect of orthodontic therapy with fixied and removable appliances on oral microbiota: a six-month longitudinal study. *New Microbiol* 20(1), 55-62 (1997)
70. *Pienihäkkinen K., Söderling E., Ostela I., Leskela I., Tenovuo J.*: Comparison of the efficacy of 40% chlorhexidine varnish and 1% chlorhexidine-fluoride gel in decreasing the level of salivary mutans streptococci. *Caries Res* 29, 62–67 (1995)
71. *Polson A.M., Subtelny J.D., Meiher S.W.*: Long-term periodontal status after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 93, 51-58 (1988)
72. *Ratcliff P.A., Johnson P.W.*: The relationship between oral malodor, gingivitis, and periodontitis. A review. *J Periodontol* 70, 485-489 (1999)

73. *Rateitschak K.H., Herzog-Specht F., Hotz R.*: Reaktionen und Regeneration des Parodonts auf Behandlung mit festsitzenden Apparaten und abnehmbaren Platten. *Fortschr Kieferorthop* 29, 415-435 (1968)
74. *Reitan K.*: Biomechanical principles and reactions. In: *Graber T.M., Swain T.S.*: *Orthodontics, current principles and techniques*.13., V. Mosby, St. Louis-Toronto (1988)
75. *Reynolds I.R.*: A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 2:171-178 (1975)
76. *Rizzo A.*: Histologic and immunologic evaluation of antigen penetration into oral tissue after topical application. *J Periodontol* 41, 210-212 (1970)
77. *Rosenberg M.*: Clinical assessment of bad breath: Current concepts. *J Am Dent Assoc* 127, 475-482 (1996)
78. *Ruppert M., Schlangenhaut U.*: Chlorhexidin in der Zahnheilkunde. *Quintessenz* 555, 55-56 (2004)
79. *Sadowsky C., BeGole E.A.*: Long-term effects of orthodontic treatment on periodontal health. *Am J Orthod* 80, 156-172 (1981)
80. *Sallum E.J., Nouer D.F., Klein M.I., Goncalves R.B., Machion L., Wilson Sallum A., Sallum E.A.*: Clinical and microbiologic changes after removal of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 126(3):363-366 (2004)
81. *Sandham H.J., Brown J., Phillips H.I., Chan K.H.* A preliminary report of long-term elimination of detectable mutans streptococci in man. *J Dent Res* 67, 9–14 (1988)
82. *Schaeken M.J., De Haan P.*: Effects of sustained-release chlorhexidine acetate on the human dental plaque flora. *J Dent Res* 68, 119–123 (1989)
83. *Schaeken M.J., de Jong M.H., Franken H.C.M., et al.*: Effects of highly concentrated stannous fluoride and chlorhexidine regimes on human dental plaque flora. *J Dent Res* 65, 57-61 (1986)
84. *Scheie A.A., Kjeilen J.C.*: Effect of chlorhexidine, NaF and SnF₂ on glucan formation by salivary and culture supernatant GTF absorbed to hydroxyapatite. *Scand J Dent Res* 95, 532-535 (1987)
85. *Sinclair P.M., Berry C.W., Bennett C.L., Israelson H.*: Changes in gingiva and gingival flora with bonding and banding. *Angle Orthod* 57(4), 271-278 (1987)

86. *Slots J., Listgarten M.A.:* Bacteroides gingivalis, Bacteroides intermedius and Actinobacillus actinomycetemcomitans in human periodontal disease. J Clin Periodontol 15, 85-93 (1988)
87. *Slots J.:* Subgingival microflora and periodontal disease. J Clin Periodontol 6, 351-382 (1979)
88. *Sukontapatipark W., el-Agroudi M.A., Selliseth N.J., Thunold K., Selvig K.A.:* Bacterial colonization associated with fixed orthodontic appliances. A scanning electron microscopy study. Eur J Orthod 23(5):475-484 (2001)
89. *Ten Cate A.R.:* Chapter 12: Shedding of deciduous teeth. In: *Bhaskar S.N.:* Orban's oral histology and embryology. 10th ed. St. Louis (MO), C.V. Mosby Co., 375-394 (1986b)
90. *Theilade E.:* The non-specific theory in microbial etiology of inflammatory periodontal disease. J Clin Periodontol 13, 905-911 (1986)
91. *Trossello V.R., Gianelly A.A.:* Orthodontic treatment and periodontal status. J Periodontol 50, 665-671 (1979)
92. *Turkkahraman H., Sayin M.O., Bozkurt F.Y., Yetkin Z., Kaya S., Onal S.:* Archwire ligation techniques, microbial colonization, and periodontal status in orthodontically treated patients. Angle Orthod 75(2):231-236 (2005)
93. *Twetman S., Hallgren A., Peterson L.G.:* Effect of antibacterial varnish on mutans streptococci in plaque form enamel adjacent to orthodontic appliances. Caries Res 29, 188-191 (1995)
94. *Yamaguchi M., Kasai K.:* Inflammation in periodontal tissues in response to mechanical forces. Arch Immunol Ther Exp (Warsz);53(5), 388-398 (2005)
95. *Zachrisson B.:* Bonding in orthodontics. In Graber T.M., Swain B.F., editors. Orthodontics-Current Principles and Techniques. St. Louis, CV Mosby, 668 (1988)
96. *Zachrisson B.U., Alnæs L.:* Periodontal condition in orthodontically treated and untreated individuals I. Loss of attachment, gingival pocket depth and clinical crown height. Angle Orthod 43, 402-411 (1973)
97. *Zachrisson B.U., Alnæs L.:* Periodontal condition in orthodontically treated and untreated individuals II. Alveolar bone loss: Radiographic findings. Angle Orthod 44, 48-55 (1974)
98. *Zachrisson B.U.:* A post-treatment evaluation of direct bonding in orthodontics. Am J Orthod 71, 173-189 (1977)

99. *Zachrisson B.U.*: Cause and prevention of injuries to teeth and supporting structures during orthodontic treatment. *Am J Orthod* 69, 285-300 (1976)
100. *Zachrisson B.U.*: Gingival condition associated with orthodontic treatment. II Histologic findings. *Angle Orthodont* 42, 352-357 (1972)
101. *Zachrisson S., Zachrisson B.U.*: Gingival condition associated with orthodontic treatment. *Angle Orthodont* 42, 26-34 (1972)
102. *Zickert I., Emilson C.G., Krasse B.*: Effect of caries preventive measures in children highly infected with the bacterium streptococcus mutans. *Arch Oral Biol* 27, 861-868 (1982)

Information und Einverständniserklärung

Liebe Eltern,

die bei Ihrem Kind erforderlichen festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen werden an den Zähnen befestigt und befinden sich damit in direkter Nachbarschaft zur umgebenden Mundschleimhaut.

Trotz einer engagierten Mundhygiene können in der Folge naturgemäß vorübergehende Irritationen und Entzündungen am Zahnfleisch auftreten. Ohne adäquate Reinigung der Zähne können vermehrte Schleimhautentzündungen entstehen.

Um auf breiter Basis und fundiert herauszufinden, ob bei den diversen Apparaturen Unterschiede bezüglich dieser Problematik bestehen, wäre es wichtig, bestimmte Messwerte zu erheben.

Diese Messwerte: Gingival-Index (Schleimhaut-Index)
Taschensondierungstiefe und der
Plaqueindex (Zahnbelag-Index)

helfen während des Untersuchungszeitraumes Putzdefizite zu erkennen; somit wird es möglich rechtzeitig und gezielt Anweisungen zur Optimierung der Mundhygienemaßnahmen zu geben. Zusätzliche Termine entstehen dabei nicht.

Natürlich erhält jeder Patient vor Beginn der Untersuchung und somit der Behandlung mit einer festsitzenden Apparatur stets eine Mundhygieneunterweisung.

Die Therapieart und die damit verbundenen Behandlungsmethoden werden durch diese Untersuchung nicht beeinflusst. Lediglich die Auswahl der üblicherweise angewandten Befestigungselemente wird zur besseren Beurteilung der damit verbundenen Reinigungsmöglichkeit vom Behandler vorherbestimmt.

Die Teilnahme ist freiwillig und alle Patienten bzw. deren Erziehungsberechtigte haben jederzeit das Recht die Teilnahme an dieser Untersuchung abzubrechen.

Auch ohne Teilnahme an dieser Untersuchung ist selbstverständlich eine optimale Weiterbehandlung garantiert.

Sämtliche erhobenen Daten unterliegen naturgemäß der ärztlichen Schweigepflicht und werden auch statistisch ausschließlich verschlüsselt und im Rahmen des Datenschutzes vertraulich behandelt.

Mit dieser Teilnahme bin ich/sind wir einverstanden

Datum _____

Erziehungsberechtigte(r)

Behandler(in)



10 Danksagung

Meiner akademischen Lehrerin Frau Prof. Dr. Ingrid Rudzki danke ich an dieser Stelle für die außergewöhnlich engagierte Motivation zur kritischen Befassung mit der kieferorthopädischen Forschung.

Frau Dr. Ekaterini Paschos gilt mein besonderer Dank für die unermüdliche Begleitung in allen Phasen der Dissertation und für die fachlich und menschlich hervorragende Betreuung.

Herrn Dr. E. Eberhard Saetzler und Herrn Dr. Felix Kirchner danke ich sehr, dass sie mir während meiner Tätigkeit in deren kieferorthopädischer Praxis die Freiräume für meine Forschungsarbeit an der Klinik wohlwollend gewährt haben.

Frau Susanne Behn gilt mein Dank für die Unterstützung bei der Rekrutierung der Patienten und der Organisation der Nachuntersuchungen.

Meinem Mann Herrn Dr. Stefan Limbach danke ich an dieser Stelle sehr herzlich für die kritischen Anregungen bei der Erstellung der vorliegenden Arbeit.

11 Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name: Mirjam Limbach, geb. Hess
Geburtsdatum: 28.11.1974
Geburtsort: Kempten/Allgäu
Eltern: Franz Hess
Ingrid Hess, geb. Kiechle
Familienstand: verheiratet
Staatsangehörigkeit: deutsch

Ausbildung

1985 – 1994 Hildegardis-Gymnasium in Kempten/Allgäu
1994 Allgemeine Hochschulreife
1995 - 2001 Studium der Zahnmedizin, LMU - München
2001 Approbation als Zahnärztin
2001 – 2006 Weiterbildung in allgemeiner ZMK-Medizin und Kieferorthopädie
2006 Fachzahnärztin für Kieferorthopädie

Berufliche Tätigkeit

2001 freie Mitarbeiterin bei Dres. Limbach & Rountree, München
2001 – 2002 Assistenz Zahnärztin bei Dr. G. Bendel, München
2002 – 2003 Assistenz Zahnärztin bei Dres. E. & H. Bingemann, München
2003 – 2005 Weiterbildungsassistentin bei Dr. E. Saetzler, München
2005 – 2006 Weiterbildungsassistentin bei Prof Dr. I. Rudzki, LMU-München
2007 Niederlassung in Praxisgemeinschaft