Untersuchungen zur Effektivität von Interdentalraum-hygiene bei Anwendung zweier unterschiedlicher Zahnseidesysteme

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Mathis Kullmann

aus Duderstadt

Gießen, 2025

Aus dem Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Präventive Zahnheilkunde

der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachterin: Prof. Dr. Carolina Ganß

Gutachter: Prof. Dr. Peter Rehmann

Tag der Disputation: 01.07.2025

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung ... 1

2. Ziel ... 6

3. Material und Methode ... 7

3.1 Ein- und Ausschlusskriterien ... 7

3.2 Ablauf der Studie ... 8

3.3 Entwicklung der Methodik ... 13

3.4 Vorgehen ... 20

3.5 Reliabilität der Messungen ... 25

4. Statistik ... 27

5. Ergebnisse ... 29

5.1 Betrachtung des Index ... 29

5.2 Gesamtplaqueindex (PSPI) ... 32

5.3 Zusammenhänge zwischen Plaqueindex und Effektivität ... 36

5.4 Plaqueindex in den Kontaktpunkt- und Gingivaarealen ... 38

5.5 Plaqueindex in den bukkalen und oralen Arealen ... 40

5.6 Plaqueindex in den mesialen und distalen Arealen ... 42

5.7 Darstellung der Plaquebedeckung im Fehlerbalkendiagramm ... 44

6. Diskussion ... 45

6.1 Dentaler Biofilm (Plaque) ... 45

6.1.1 Aufbau ... 45

6.1.2 Entwicklung ... 45

6.2 Interdentalraumhygiene ... 47

6.3 Studiendesign ... 52

6.3.1 Proband*innen, Materialien und Methoden ... 52

6.3.2 Methodische Neuerungen ... 57

6.4 Studienergebnisse 58
6.4.1 Gesamteffekte von Zahnseide und MediFloss® 58
6.4.2 Flächenbezogene Betrachtung der Ergebnisse 66
6.5 Schlussfolgerung und Ausblick 72
7. Zusammenfassung 74
8. Summary 77
9. Literaturverzeichnis 80
10. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis 88
10.1 Abbildungsverzeichnis 88
10.2 Tabellenverzeichnis 90
11. Anhang 91
11.1 Überlagerungsfehler 91
11.2 Fehlerbalkendiagramme 96
11.3 Ehrenwörtliche Erklärung 105
11.4 Danksagung 106
11.5 Tabellarischer Lebenslauf 107

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Inauguraldissertation das Gendersternchen (*) genutzt. Selbstverständlich werden auch alle weiteren Geschlechteridentitäten durch diese Anrede inkludiert.

1. Einleitung

Die Ätiologie, Entstehung und damit einhergehende Pathophysiologie von dentaler Plaque sind in der Zahnmedizin seit langem Gegenstand der Forschung.

Eine der grundlegenden Studien, die in diesem Themengebiet durchgeführt wurden, ist die Studie von Löe et al. von 1965 (Löe et al., 1965). Hier wurde bei Personen, welche vor Beginn der Studie eine intakte Mundflora und eine gute Mundgesundheit ohne Entzündungssymptomatik aufwiesen, die häusliche Mundhygiene ausgesetzt. In der Folge konnte nicht nur eine Zunahme von Plaque, sondern auch eine Veränderung der mikrobiellen Zusammensetzung und entzündliche Veränderungen der Gingiva beobachtet werden. Nach Wiederaufnahme der Mundhygiene wurden die gesunden Ausgangsbedingungen wieder erreicht. Somit lag eine der ersten wissenschaftlichen Evidenzen über den Zusammenhang von Plaque und entzündlichen Veränderungen der Gingiva vor.

Fünf Jahre später wurde die erste große Studie zur Entstehung der Karies beim Menschen durchgeführt (Fehr et al., 1970). Bei dieser Studie setzten die Teilnehmer für eine Zeitspanne von 23 Tagen die Mundhygiene aus. Eine Gruppe diente als Kontrolle, die andere spülte während dieser Zeit neunmal täglich mit einer konzentrierten Zuckerlösung. Bei dieser Gruppe zeigte sich im Vergleich zur Kontrollgruppe eine erhöhte Anzahl an reversiblen kariösen Läsionen sowie ein höherer Plaque-Score. Aus diesen Beobachtungen ließ sich die Erkenntnis ableiten, dass die Plaque der Wegbereiter für Karies ist.

Diese beiden wesentlichen Studien bilden seither unter anderem die Grundlage für Präventivkonzepte. Dabei ist die Verbesserung der Mundhygiene ein zentraler Baustein in Präventionsprogrammen und individueller Prophylaxe. Ziel ist, durch die möglichst effektive Beseitigung des Biofilms Gingivitis, Parodontitis und Karies vorzubeugen. Neben der Entfernung von Plaque mit Zahnbürsten spielt dabei die Interdentalraumhygiene eine wichtige Rolle.

Diese Zusammenhänge werden in einer Langezeitstudie von Axelsson et al. (Axelsson et al., 2004) in beeindruckender Weise dargestellt. Die Untersuchung umfasst einen Zeitraum von 30 Jahren, in denen die Patient*innen in den ersten zwei Jahren alle zwei Monate, im dritten bis sechsten Jahr alle drei Monate und anschließend risikobasiert in Intervallen zwischen drei Monaten und einem Jahr Prophylaxesitzungen wahrnahmen. Diese beinhalteten das Anfärben von Plaque, die Instruktion zur Zahnputztechnik nach Bass sowie zur Verwendung von Zahnseide mit Überprüfung der korrekten Umsetzung und abschließend eine professionelle Zahnreinigung. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Mundhygieneinstruktionen zeigte sich eine deutliche Verringerung der Plaquemenge sowie eine Verbesserung der gingivalen Gesundheit und eine deutlich geringere Kariesinzidenz. Nach 30 Jahren waren noch 257 der ursprünglich 375 Patient*innen im Programm von denen 42 % keine und 18 % nur eine neue kariöse Läsion entwickelt hatten. Insgesamt sind bei den 257 Patienten nur 21 Zähne aufgrund plaque-assozierter Zahnerkrankungen verloren gegangen.

Im Gegensatz zu der täglichen Mundhygiene mit Zahnbürsten, die allgemein gut etabliert ist, werden Hilfsmittel für die Interdentalraumhygiene nur von einem kleineren Teil der Patient*innen regelmäßig verwendet. Das betrifft unter anderem die Zahnseide. Die Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (Jordan et al., 2016) beschreibt, dass nur 48,7 % der Befragten angaben, Zahnseide zu verwenden. Die Gründe dafür können vielfältig sein. Dabei ist die Empfehlung bei der Verwendung von Zahnseide weitestgehend simpel: Es wird geraten, die Zahnseide vorsichtig über den Kontaktpunkt in den Zwischenraum einzuführen und die mesialen und distalen Flächen mit mehreren vertikalen Bewegungen zu reinigen.

Obwohl bereits seit über 50 Jahren Studien über die Anwendung von Zahnseide und Instruktionsmethoden durchgeführt werden, ist dennoch bislang wenig darüber bekannt, wie hoch der Anteil der Menschen ist, der Zahnseide korrekt anwendet und welche Instruktionsmethoden hilfreich sind.

Eine der ersten Untersuchungen, die sich mit Instruktionen und der korrekten Anwendung von Zahnseide auseinandersetzt, ist die von Radentz et al. publizierte Studie (Radentz et al., 1973). Die Studie fußt auf dem Wissen, dass die Nutzung von Zahnseide eine grundlegende Rolle in der Beseitigung von approximaler Plaque spielt, wobei es nebensächlich ist, ob die Zahnseide gewachst oder ungewachst ist. Auf Grundlage dessen wurde untersucht, über welche Wege Zahnärzt*innen adäquate Putztechniken für die Interdentalräume an Patient*innen weitergeben. Die Instruktionen wurden von vielen Zahnärzt*innen als schwierig und zeitaufwendig beschrieben und die Meinung zu einer korrekten Instruktionsmethode gehen dabei auseinander. Es wird von individuellen chair-side-Instruktionen bis hin zu Gruppeninstruktionen berichtet. Zuletzt wird auf audiovisuelle Präsentationen hingewiesen, welche für die Anleitungen unterstützend hinzugezogen werden können. Diesen digitalen Instruktionen wird ein bedeutendes Potential zugeschrieben, da sie nicht von dem Wissen und der Motivation der instruierenden Person abhängt und keine Gefahr besteht, dass die Instruktionen abweichen oder einzelne Schritte ausgelassen werden.

Zwei Jahre später wurde auf Grundlage dieser Untersuchungen eine weitere Studie publiziert, welche den Fokus auf die Möglichkeiten der digitalen Instruktionen legt (Radentz et al., 1975). Für die Untersuchung wurden die Patient*innen zufällig in zwei Gruppen aufgeteilt. Im ersten Termin wurde ermittelt, wie effektiv die Patient*innen Zahnseide anwenden. Dafür wurde ein für die Studie erstellter Index („Flossing Proficiency Index“) angewendet. Anschließend wurde die erste Gruppe, bestehend aus 86 Patient*innen, in Untergruppen aufgeteilt. Diese Untergruppen erhielten erst digitale Gruppen-Instruktionen und nach einer und drei Wochen individuelle chair-side-Instruktionen. Die zweite Gruppe, bestehend aus 111 Patient*innen bekam keine Instruktionen und wurden am ersten Tag, nach einer und nach drei Wochen hinsichtlich ihrer Effizienz bei der Anwendung von Zahnseide untersucht. Dabei wurde in der ersten Gruppe die Zahnseide an 94 % der Zähne korrekt angewendet. Die Kontrollgruppe erreichte 7,5 % aller Zähne mit der korrekten Reinigungstechnik.

Eine der neueren Videobeobachtungsstudien ist die Studie von Winterfeld et al. (Winterfeld et al., 2015). Das Ziel dieser Studie war es, das habituelle Zahnputzverhalten und die Anwendung von Zahnseide bei jungen Erwachsenen im Alter von 18 und 19 Jahren videobasiert zu analysieren. Zusätzlich zur Reinigung der Glattflächen durch herkömmliche Zahnbürsten verwendeten allerdings nur die Hälfte der Patient*innen die angebotene Zahnseide. Dabei zeigt sich, dass nur fünf Patient*innen alle Interdentalräume erreichten, zwei Patient*innen zeigten die richtige Technik und nur eine Person erreichte alle Interdentalräume und wendete dabei die korrekte Putztechnik an.

Es stellt sich weiterhin die Frage, ob Plaque durch Zahnseide überhaupt effektiv entfernt und dadurch Karies und Parodontitis vorgebeugt werden kann. Sambunjak et al. (Sambunjak et al., 2011) haben dazu in einer systematischen Übersichtsarbeit die Frage beantwortet, ob Zahnseide zusätzlich zum Zähneputzen einen Nutzen bei der Prävention von Gingivitis und Karies hat. In dieser Übersichtsarbeit wurden zwölf randomisierte klinische Studien eingeschlossen, welche die Reduktion von Gingivits- und Plaquescores nach dem Zähneputzen mit und ohne zusätzliche Anwendung von Zahnseide untersuchten. Allgemein konnte nach der Anwendung von Zahnseide nur eine geringe Reduktion von Plaque- und Gingivitisscores festgestellt werden. Keine der eingeschlossenen Studien hatte die Effekte von Zahnseide im Rahmen der Kariesprävention untersucht.

Eine weitere systemische Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2019 (Worthington et al., 2019) beschäftigte sich mit der gleichen Thematik. Die Studie betrachtete dabei neben Zahnseide weitere Hilfsmittel für die Interdentalraumhygiene und schloss 35 randomisierte, kontrollierte Untersuchungen mit insgesamt 3929 Patient*innen ein. Davon wurde in 15 Studien untersucht, welchen Effekt die Anwendung von Zahnseide hat. Keine der Studien beleuchtete die Entstehung approximaler Karies oder Parodontitis. Es erfolgten Bewertungen nach einem, drei und sechs Monaten, wobei nur eine geringe Evidenz bestand, dass die Anwendung von Zahnseide in Kombination mit Zähneputzen zu einer Reduktion des Gingivitis-Risikos führt.

Hervorzuheben ist, dass bei nahezu allen Studien nur ungenau beschrieben ist, ob und wie die Patient*innen zur Verwendung von Zahnseide instruiert wurden und es wurde nicht beobachtet, ob Zahnseide auch in allen Bereichen des Zahnbogens korrekt angewendet wurde. Es ist daher unklar, ob die limitierten Effekte von Zahnseide durch die tatsächliche Ungeeignetheit oder durch unsachgemäße Anwendung erklärt werden können. Somit besteht hier weiterhin Forschungsbedarf.

Unklar ist, welchen Einfluss verschiedene Darreichungsformen von Zahnseide haben. Zu den klassischen Produkten gehört die herkömmliche Zahnseide, die einem Spender entnommen und dann um die Finger gewickelt und in den Approximalraum gebracht wird. Es werden aber auch Produkte angeboten, bei denen Zahnseide in Halterungen verankert ist, um die Anwendung zu erleichtern. Ein solches Produkt ist MediFloss®. Das MediFloss®-System ist ein Schlittensystem, bei welchem ein auswechselbarer Zahnseidesteg auf den Ring geschoben werden kann. Der Ring passt dabei auf jeden Finger und soll die Mundhygiene in allen Altersgruppen erleichtern. Das Ringsystem soll explizit von den Eigenschaften der herkömmlichen Zahnseide entkoppelt sein, die Benutzung erleichtern und schlussendlich die Entfernung der Plaque in den Approximalbereichen verbessern.

2. Ziel

Da die Datenlage zum Anwendungsverhalten und zur Effektivität von Zahnseide unklar ist, wurde in unserer Arbeitsgruppe eine größere Studie durchgeführt, in der untersucht wurde, wie Plaque in Abhängigkeit von der Anwendungstechnik entfernt werden kann und ob MediFloss® dabei einen Vorteil gegenüber herkömmlicher Zahnseide hat. Die Studie war eine cross-over Videobeobachtungsstudie, in der zum einen die Verhaltensmuster der Proband*innen in der Anwendung mit Zahnseide durch Videoanalysen untersucht wurden. Zum anderen erfolgte die Quantifizierung von Plaque auf Intraoralscans.

Die Studie soll untersuchen, ob mit MediFloss® im Vergleich zu konventioneller Zahnseide bereits nach kurzer Anleitung (baseline)

- mehr Interdentalräume erreicht werden,
- eine bessere Technik und eine bessere Systematik erreicht werden und
- auf den Approximalflächen mehr Plaque entfernt wird

und ob mit MediFloss® im Vergleich zu konventioneller Zahnseide nach einer Videoinstruktion

- mehr Interdentalräume erreicht werden und
- eine bessere Technik und eine bessere Systematik erreicht werden.

Die vorliegende Arbeit ist Teil dieses größeren Projekts und umfasst die Quantifikation von Plaque auf Intraoralscans vor und nach habitueller sowie instruierter Anwendung von Zahnseide und MediFloss®.

3. Material und Methode

Die Ethikkommission des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen hat der Durchführung zugestimmt (AZ 63/22). Die Proband*innen wurden durch die Semestersprecher*innen über einen Kurznachrichtendienst informiert und meldeten sich anschließend hierüber, um ihre Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie zu signalisieren. Der klinische Teil der Studie fand von Juli bis Oktober 2022 statt. Die Proband*innen wurden vor Beginn der Studie mündlich über den Verlauf und die Rahmenbedingungen der Studie aufgeklärt und die Einverständnis mit einer Unterschrift der Proband*innen bestätigt („Informed Consent"). Der Einschluss der Proband*innen, die klinische Erhebung der Daten, die Auswertung und Datenverwaltung fanden in der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Präventive Zahnheilkund der Justus-Liebig-Universität Gießen statt.

3.1 Ein- und Ausschlusskriterien

In die vorliegende Studie wurde volljährige gesunde Proband*innen einbezogen. Die Untersuchung erfolgte an Studierenden der JLU, die keinen fachlichen Bezug zur Medizin hatten. Studierende in den ersten beiden Semestern der Zahnmedizin, die noch nicht am Prophylaxeprogramm der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Präventive Zahnheilkunde teilgenommen hatten wurden ebenfalls eingeschlossen.

Einschlusskriterien:

- Bereitschaft zur Teilnahme, „Informed Consent"
- Alter > 18 Jahre, Studierende des Justus-Liebig-Universität Gießen

Ausschlusskriterien:

- Geistige und/oder körperliche Behinderungen, die die Mundhygiene einschränken könnten

- Allergien oder Unverträglichkeiten gegenüber den verwendeten zahnärztlichen Materialien (Mira-2-Ton®-Lösung: Natriumbenzoat, Kaliumsorbat, C. 45410, C. 42090; Lippenretraktor OptraGate: Styrol-Ethylen-Butylen-Styrol (Fa. Ivoclar Vivadent GmbH))
- Ausgeprägte Gingivitis mit Schwellung und Blutung; Parodontitis marginalis (Lockerungsgrad > I)
- Multiple Rezessionen mit einer Ausdehnung von mehr als einem Drittel der Wurzellänge
- > 2 insuffiziente Restaurationen; kavitierte kariöse Läsionen
- Fehlen von bleibenden Zähnen (mit Ausnahme der Weisheitszähne und natürlichem Lückenschluss)
- Herausnehmbarer Zahnersatz, Brücken, Lückengebiss
- Proband*innen mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen (exkl. Retainer)

Kriterien für Drop-Out:

- Abbruch seitens der Proband*innen
- Auftreten von Allergien und unerwünschten Zwischenfällen

3.2 Ablauf der Studie

Interessierte wurden in der ersten Sitzung (T0) über den Inhalt der Studie informiert, der „Informed Consent“ (Informationsbogen, Aufklärungsgespräch, Informationsblatt zur DS-GVO und Einverständniserklärung) wurde eingeholt und die Ein-/Ausschlusskriterien wurden überprüft.

In derselben Sitzung wurden die Proband*innen eingeschlossen und erhielten eine zweistellige Proband*innennummer nach einer zuvor erstellten Randomisierungsliste (Research Randomizer 3.0). Ebenfalls erfolgt die randomisierte Zuordnung der Proband*innen zu einer der jeweiligen Gruppen.

Die Studie war eine klinische Beobachtungsstudie mit gesunden Proband*innen im cross-over-Design. Der grundsätzliche Ablauf der Termine war für die einzelnen Gruppen gleich und unterschied sich nur hinsichtlich der Anwendung des jeweiligen Hilfsmittels zur Interdentalraumhygiene zum Eintritt in die Studie (Proband*innen der Gruppe I begannen mit Zahnseide, die der Gruppe II mit MediFloss®).

Bis zum nächsten Termin wurde die Interdentalraumhygiene ausgesetzt, um eine standardisierte Akkumulation von Plaque zu erreichen. Die habituelle Mundhygiene mit Zahnbürsten wurde während dieser Zeit fortgesetzt, allerdings wurden die Proband*innen angewiesen, außer der gewohnten Zahnpaste keine weiteren Mundhygieneprodukte zu verwenden.

Termin 1 (T1) fand sieben Tage später statt. Zunächst erfolgte die habituelle Mundhygiene mit den eigenen mitgebrachten Zahnbürsten, anschließend wurde die habituelle Plaque durch Anfärben sichtbar gemacht. Dazu wurde ein Schaumstoffpellet (Produkt einfügen) mit einem Plaquefärbemittel (Mira-2-Ton®; Hager & Werken GmbH &Co KG, Duisburg, Germany) gesättigt und die vestibulären und oralen Flächen der Oberkiefer- und anschließend der Unterkieferzähne angefärbt. Hiernach erfolgte ein Ausspülen des überschüssigen Färbemittels. Anschließend erfolgte ein zweites Anfärben der Plaque (erst Oberkiefer, dann Unterkiefer) und ein erneutes Ausspülen. Nach dem zweimaligen Anfärben wurde den Proband*innen ein OptraGate (Ivoclar Vivadent GmbH, Schaan, Liechtenstein) angelegt und der gesamte Oberkieferzahnbogen gescannt. Dieser erste Scanvorgang wurde abgeschlossen, nachdem der Scan in allen relevanten Bereichen keinerlei Datenlöcher mehr aufwies. Anschließend wurde ein Intraoralscan des gesamten Unterkieferzahnbogens angefertigt, der ebenfalls erst abgeschlossen wurde, nachdem alle relevanten Bereiche abgebildet waren. Anschließend verwendeten die Proband*innen je

nach Gruppe entweder Zahnseide oder MediFloss®. Hiernach wurde erneut erst der Ober- und anschließend der Unterkiefer mittels Plaquefärbemittel angefärbt. Danach spülten die Proband*innen das überschüssige Färbemittel aus und das OptraGate wurde wieder eingesetzt. Abschließend wurden die Intraoralscans für die Ober- und Unterkieferzahnbögen nach oben genanntem Muster statt.

Termin 2 beinhaltete denselben Ablauf wie Termin 1, nur verwendeten die Proband*innen das jeweils andere Produkt (Proband*innen der Gruppe 1 MediFloss® und der Gruppe 2 Zahnseide). Abschließend wurde den Proband*innen aus Gruppe I ein Instruktionsvideo zur Anwendung von MediFloss® und aus Gruppe II ein Instruktionsvideo zur Anwendung von Zahnseide gezeigt. Beide Gruppen erhielten dann eine Übungsphase von sieben Tagen, gefolgt von der Plaquewachstumsphase (Zeitraum ohne Interdentalraumhygiene) von ebenfalls sieben Tagen.

Der Termin 3 beinhaltete dieselben Abläufe wie zuvor beschrieben, abschließend wurde das jeweils andere Instruktionsvideo gezeigt (Proband*innen der Gruppe I sahen das Video für Zahnseide, die der Gruppe II das für MediFloss®).

Am letzten Termin 4 (T4) wurde wieder nach habituellem Zähneputzen angefärbt sowie Intraoralscans nach instruierter Interdentalraumreinigung erstellt.

Aus diesem Ablauf resultierten für jede Probandin/jeden Probanden insgesamt acht Intraoralscans, die die Plaquebedeckung im Untersuchungsgebiet vor und nach habitueller Interdentalraumreinigung mit Zahnseide bzw. MediFloss® und nach der instruierten Interdentalraumhygiene mit Zahnseide bzw. MediFloss® dokumentierten.

Das folgende Flow-Chart (Abb. 3-1) fast die Abläufe zusammen.

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">Proband*innenrekrutierung</td></tr>
<tr><td>TERMIN 0
(T0)</td><td colspan="2">Persönliches Informations-/Aufklärungsgespräch, Kontrolle der Ein-/Ausschlusskriterien, Einverständniserklärung der Proband*innen einholen, Einschluss der Proband*innen in die Studie, randomisierte Gruppenzuteilung</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">7 Tage ohne Interdentalraumhygiene (Plaquewachstum)</td></tr>
<tr><td>TERMIN 1
(T1)</td><td>Gruppe I:
a. Habituelles Zähneputzen
b. Plaque-Scan (1.1.I)
c. Plaque-Scan (1.2.I)</td><td>Gruppe II:
a. Habituelles Zähneputzen
b. Plaque-Scan (1.1.II)
c. Plaque-Scan (1.2.II)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">CROSS OVER
7 Tage ohne Interdentalraumhygiene (Plaquewachstum)</td></tr>
<tr><td>TERMIN 2
(T2)</td><td>Gruppe II:
a. Habituelles Zähneputzen
b. Plaque-Scan (2.1.II)
c. Plaque-Scan (2.2.II)</td><td>Gruppe I:
a. Habituelles Zähneputzen
b. Plaque-Scan (2.1.I)
c. Plaque-Scan (2.2.I)</td></tr>
</table>

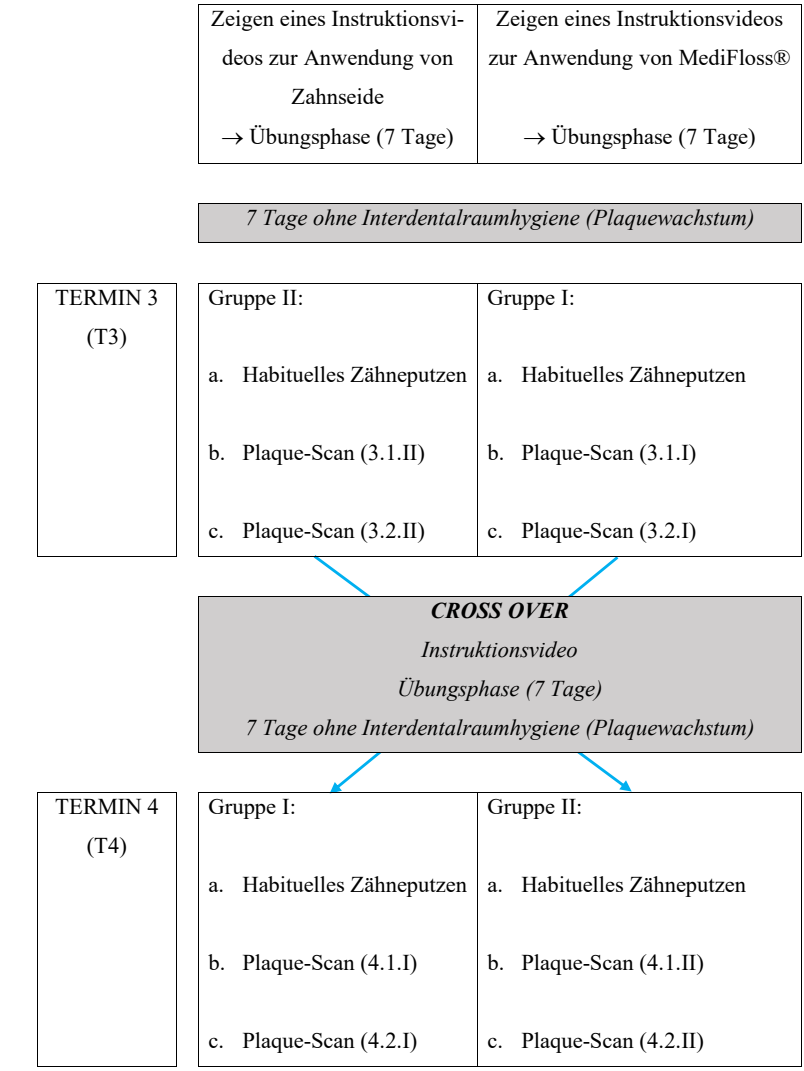


Abb. 3-1. Übersicht über den Ablauf der Studie

3.3 Entwicklung der Methodik

Da bislang kein spezieller Index zur Erfassung von Effekten der Interdentalrumhygiene etabliert ist, wurden zunächst Vorversuche durchgeführt.

Zunächst wurden Intraoralscans der Ober- und Unterkiefer im Eigenversuch sowie an Personen aus dem persönlichen Umfeld angefertigt. Hierbei wurde Mira-2-Ton® einmalig auf die Vestibulär- und Oralflächen der Zähne aufgetragen und es erfolgte ein einmaliges Ausspülen der überschüssigen Färbelösung. Anschließend wurden Ober- und Unterkiefer in ihrer Gesamtheit gescannt. Anhand dieser erhobenen Scans wurden alle Interdentalräume im Hinblick auf Quantität der Plaque und vertikale sowie horizontale Ausdehnungen des Approximalraums untersucht. Ziel war, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem die den Interdentalraum begrenzenden visuell zugänglichen Flächen als standardisierte Untersuchungsareale definiert und reproduzierbare Vergleiche der verschiedenen Intraoralscans ermöglicht werden konnten.

Zunächst wurden die zu untersuchenden Regionen definiert (mesial/distal und oral/bukkal jeweils unterhalb der Papille und zwischen Papille und Kontaktpunkt). In diesen Arealen sollte die Plaquebedeckung in drei Graden (keine Plaque, Bedeckung zu weniger als 50 % und Plaquebedeckung zu mehr als 50 %) beurteilt werden. Die Areale wurden mit einem wasserfesten Stift auf starre Klarsichtfolien für jeden Zahnzwischenraum gezeichnet und die zu reinigende Fläche wurde eingezeichnet. Weiterführend wurden neue Intraoralscans erstellt (die Zahnreihen wurden nach Anfärben der Plaque mit Mira2-Ton®, sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer gescannt).

Allerdings war es durch die geringe Verformbarkeit der Folien nicht möglich, die eingezeichnete Ausdehnung an jede Zahnoberfläche individuell anzupassen, weshalb diese Methode aufgrund mangelnder Genauigkeit verworfen wurde.

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde eine neue Methode entwickelt.

Damit der Plaqueindex der individuellen Ausdehnung einer jeden Zahnfläche angepasst werden konnte, wurde das Programm *MeshLab* herangezogen (Version:

MeshLab_64bit_fp v2022.02 built on Mar 2 2022 with MSVC 1931 and Qt 5.15.2.). In diesem Programm wurden die beschriebenen Areale anhand von definierten Referenzpunkten und Abständen konstruiert und nach Überlagerung auf alle Intraoralscans jeder Probandin/jedes Probanden übertragen. Dafür wurde als erstes eine Linie in dem Programm eingezeichnet, welche senkrecht zur Zahnachse des jeweiligen Zahnes lag (Abb. 3-2). Danach wurde eine Linie eingezeichnet, welche durch den höchsten Punkt der Interdentalpapille des jeweiligen Interdentalraums beschrieben wurde (Abb. 3-3). Anschließend wurden zwei weitere Linien eingezeichnet, um den Bereich zwischen Interdentalpapille und Zahnhals in Drittel einzuteilen (Abb. 3-4). Nun wurde ausgehend vom Kontaktpunkt die Begrenzung des Zahnes bis einschließlich des am weitesten koronal liegenden Drittels eingezeichnet (Abb. 3-5). Abschließend erfolgten die Bestimmung der Breite und das restliche Umzeichnen der Fläche (Abb. 3-6).

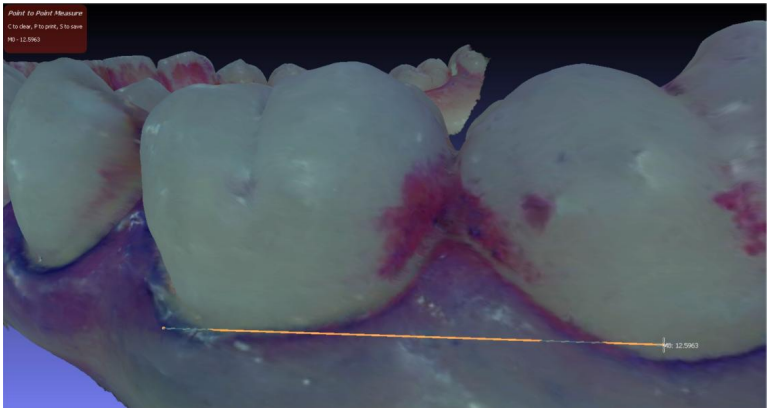


Abb. 3-2. Bestimmen des Index, Schritt 1: Senkrechte Linie zur Zahnachse

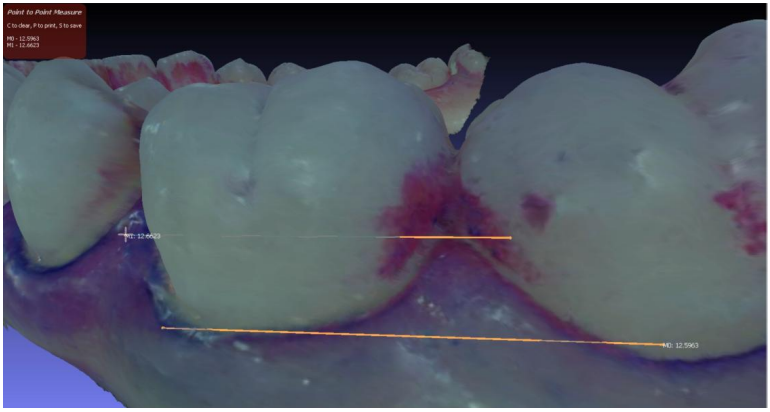


Abb. 3-3. Bestimmen des Index, Schritt 2: Linie auf Höhe der Interdentalpapille

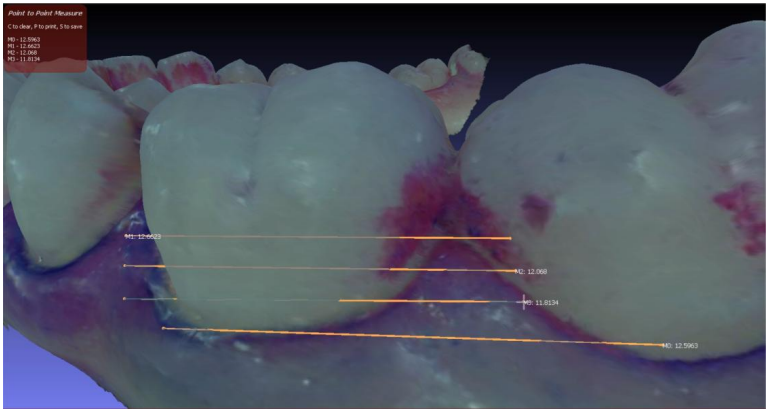


Abb. 3-4. Bestimmen des Index, Schritt 3: Linien zur Drittelung des Areals

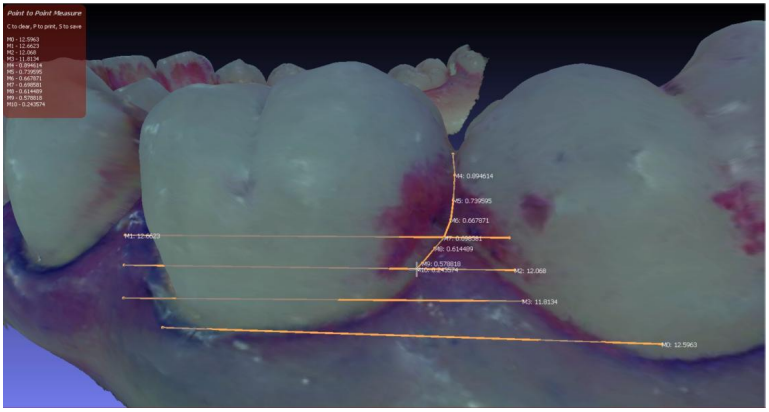


Abb. 3-5. Bestimmen des Index, Schritt 4: Einzeichnen der Begrenzung des Zahnes

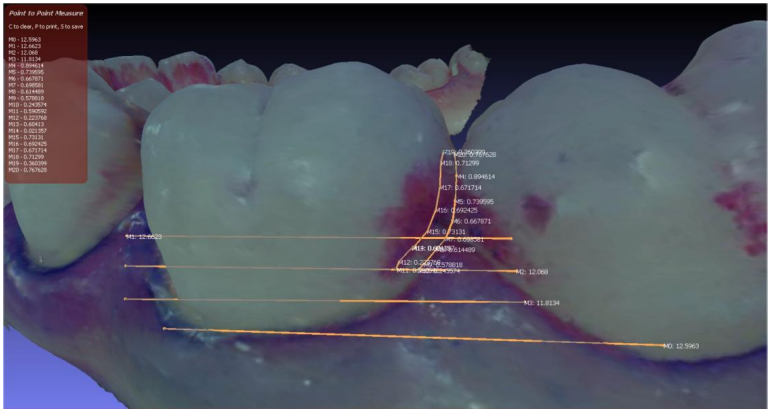


Abb. 3-6. Bestimmen des Index, Schritt 4: Eingezeichnete Fläche
Zur besseren Übersicht und Veranschaulichung wurden hier die Linien zur Bestimmung der Breite weggelassen.

Die zu betrachtende Fläche wurde in jeweils einen Bereich ober- und unterhalb der Interdentalpapille eingeteilt und entsprechend ihrem Grad klassifiziert. Diese Daten wurden für die Ramfjord-Zähne (16, 21, 24, 36, 41, 44) mesio- und distobukkal sowie mesio- und distooral erhoben.

Damit die Breite des Plaqueindex für jeden Zahn identisch war, wurde der Index anhand des vom Programm zur Verfügung gestellten Measuring Tools in seiner Breite festgelegt. Die Breite der zu untersuchenden Fläche wurde durch die Zahl 0,6 beschrieben.

Das Programm ist limitiert im Erkennen von dreidimensionalen Strukturen, weshalb die Begrenzung des Index durch das Measuring Tool nur zweidimensional erfolgt. Die hierdurch ermittelte Breite entspricht somit immer 0,6±0,05.

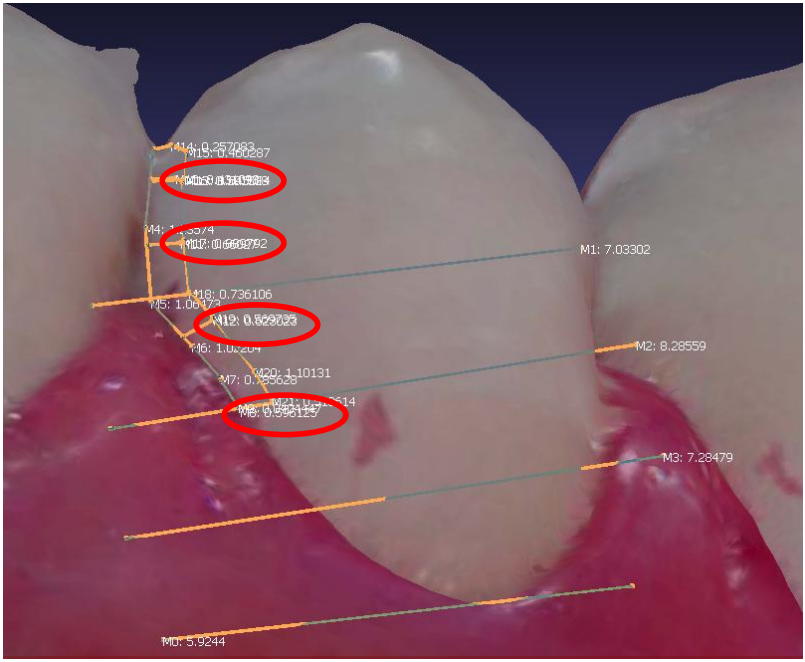


Abb. 3-7. Festlegen der Breite des Index
Die rot umkreisten Ziffern beschreiben die gemessene Strecke zwischen den Index-Begrenzungen. Von oben nach unten (gerundet auf die zweite Nachkommastelle): M16: 0.56, M17: 0.65, M19: 0.56, M6: 0.59.

Das MediFloss®-System besteht aus einem Schlitten (1) mit bereits eingespannter Zahnseide (**a**) und dem Ringgrundkörper (2) (MediFloss Zahnseide - GSTS Innovation GmbH, 2023). Der Schlitten lässt sich in eine Richtung auf dem Ringgrundkörper arretieren (**b**) und ist somit gegen Rotationen und Abzugskräfte bei der Anwendung gesichert. Der Grundkörper weist die erforderlichen Stellen für die Arretierung auf (**c**) und rastet zusätzlich zusammen mit den seitlich liegenden Stegen des Schlittens ein (**d**). An den Seiten des Ringgrundkörpers finden sich links und rechts jeweils ein Flügel (**e**), welche als Haltefläche für die Finger dienen, wenn das System nicht als Ring genutzt wird. Der

Ring (**f**) bildet die Basis dieses Teils und wird auf einen beliebigen Finger der Patient*innen geschoben. In das Ringgrundsystem ist ein Tiefenanschlag als Aufbissstop integriert, welches vor Gingivatraumatisierung schützen soll. Die eingespannte Zahnseide des MediFloss®-Systems soll bei Nutzung im Unterkiefer Richtung Kinn und bei Nutzung im Oberkiefer Richtung Nase zeigen.

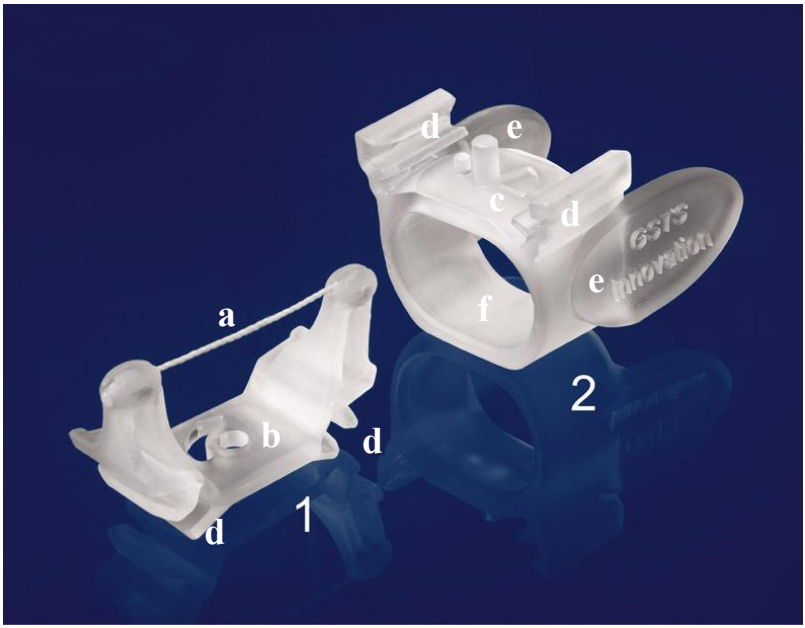


Abb. 3-8. Das MediFloss®-System
Die Abbildung (MediFloss Zahnseide - GSTS Innovation GmbH, 2023) wurde modifiziert.

3.4 Vorgehen

Die erhobenen Daten wurden nach Kontrolle auf Vollständigkeit und Tauglichkeit auf dem an den Scanner angeschlossenen Bildschirm umcodiert. Dafür wurde folgender Code benutzt:

*EProband*innummer.Scannummer.Vor oder nach dem Reinigen.Gruppennummer.Geschlecht.OK/UK.cszx.*

Hierbei steht „*E*“ als Kürzel für den Namen der Studie. „*Proband*innummer*“ beschreibt die jeweilige individuell zugeteilte Nummer der Proband*in (01-43). Die „*Scannummer*“ untergliedert sich in die Zahlenwerte 1-4, wobei 1 für den ersten Scantermin (T1), 2 für den zweiten Scantermin (T2), etc. steht. Das „*Vor oder nach dem Reinigen*“ wird in den Zahlenwerten 1 und 2 ausgedrückt, wobei 1 für vor dem Putzen und 2 für nach dem Putzen steht. Das „*Geschlecht*“ wird als m (männlich) oder w (weiblich) angegeben. Als vorletztes Kürzel wird entweder „*OK*“ für einen Oberkiefer- oder „*UK*“ für einen Unterkieferscan angegeben. Die letzte Abkürzung „*cszx.*“ bezeichnet das Dateiformat, unter dem die Intraoralscans abgespeichert wurden. Diese Daten wurden initial als CSZX-Dateien gespeichert und mussten für die weitere Verarbeitung in eine PLY-Datei umgewandelt werden. Dies erfolgte für alle Dateien. Anschließend konnten die PLY-Dateien im Programm *MeshLab* geöffnet werden.

Für das Alignment der Intraoralscans wurde ebenfalls das Programm *MeshLab* genutzt. Die Scans wurden einzeln ihrer Reihenfolge nach in das Programm geladen. Sobald ein neuer Intraoralscan hinzugefügt wurde, wurden Punkte an markanten Stellen des Zahnbogens gesetzt. Anschließend wurden die Scans mithilfe des Alignment Tools des Programms übereinandergelegt. Dieses Tool zeigte nach erfolgreicher Überlagerung den erfolgten Fehler an, der für jede Überlagerung im Ober- und Unterkiefer in ein externes Dokument eingetragen wurde (siehe Weiterführende Dokumente). Nachdem die ersten zwei Intraoralcans überlagert wurden, wurde der dritte Scan in demselben Vorgehen mit den vorherigen Scans überlagert. Dies erfolgte mit allen acht Scans.

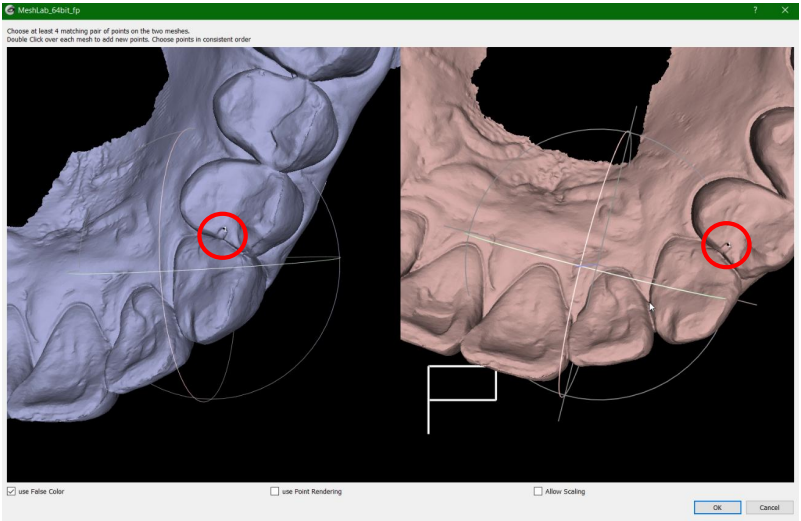


Abb. 3-9. Beispiel Überlagerungspunkt der Intraoralscans: Ein Überlagerungspunkt eines Oberkiefer-Prämolaren bei der ersten Überlagerung

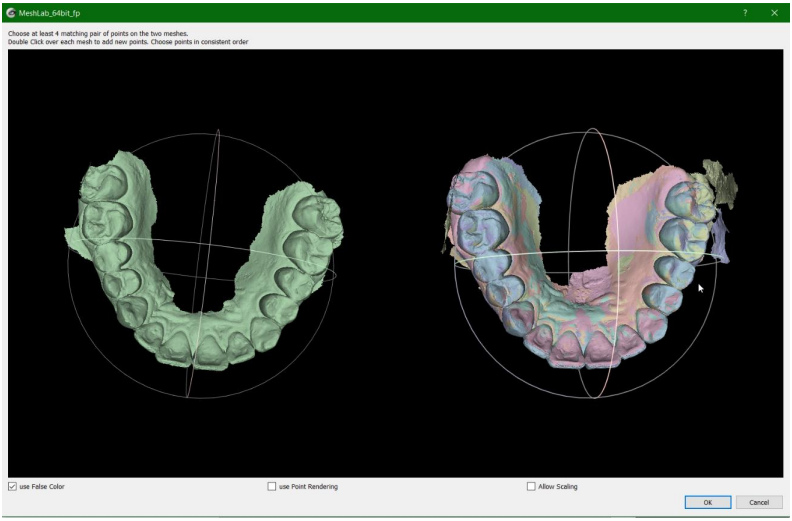


Abb. 3-10. Ansicht aller überlagerten Intraoralscans: Ansicht des achten Intraoralscans vor Überlagerung mit allen sieben vorhergehenden Scans

Sobald alle Intraoralcans in das Programm geladen und entsprechend überlagert worden waren, wurde die Option „*Shading*“ von „*Face*“ auf „*None*“ für alle Scans umgestellt, da diese eine realistischere Ansicht und Darstellung der Plaque ermöglicht (siehe Abb. 3-10 bis 3-13).

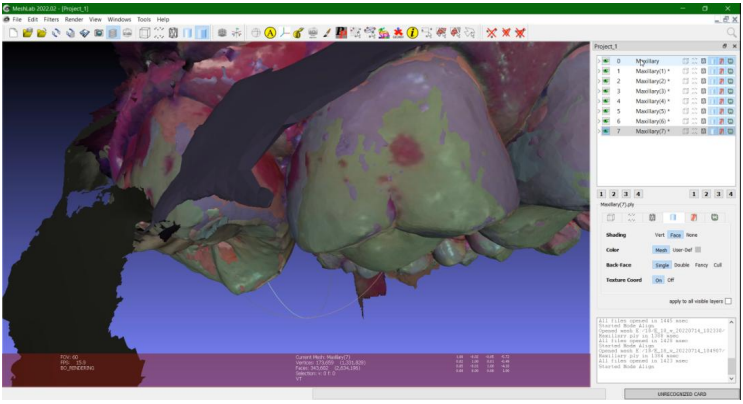


Abb. 3-11. Ansicht aller acht überlagerter Intraoralscans mit der Option "Shading Face": Regio 16

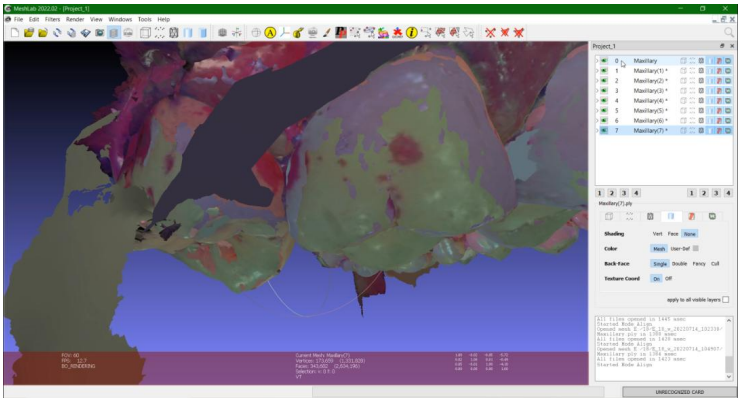


Abb. 3-12. Ansicht aller acht überlagerter Intraoralscans mit der Option "Shading None": Regio 16, hierbei ist die realistischere Detailwiedergabe zu beachten

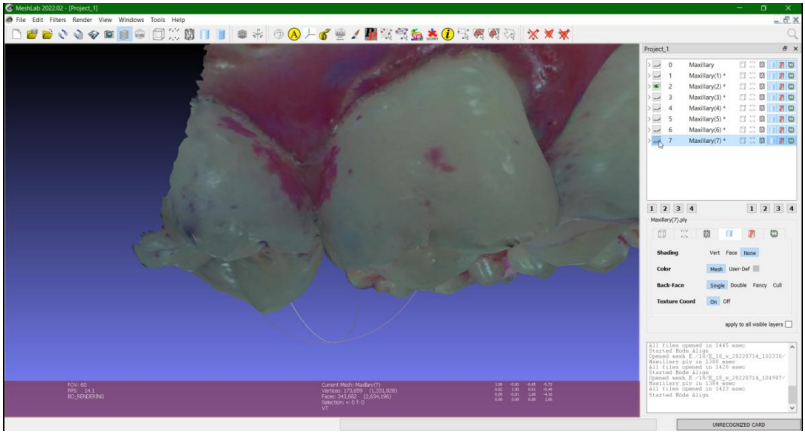


Abb. 3-13. Zahn 16 bei "Shading None", hierbei ist die realistischere Detailwiedergabe zu beachten

Anschließend wurden die Intraoralscans nach dem vorher festgelegten Index ausgewertet. Ein besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Genauigkeit beim Einzeichnen gelegt. Durch das Überlagern der Intraoralscans und dem immer gleichbleibenden eingezeichneten Index konnte für jeden Scan von identischen Auswertebereichen ausgegangen werden.

Fortan wurden erst die bukkalen Flächen (immer jeweils distal und mesial) und dann die oralen Flächen (ebenfalls immer jeweils distal und mesial) befundet. Hierbei wurde nach folgender Vorgehensweise vorgegangen:

a. Für den Oberkiefer:
    i. 16 distal und mesial (bukkal)
    ii. 21 mesial und distal (bukkal)
    iii. 24 mesial und distal (bukkal)
    iv. 24 distal und mesial (oral)
    v. 21 distal und mesial (oral)

vi. 16 mesial und distal (oral)

b. Für den Unterkiefer:
   i. 36 distal und mesial (bukkal)
   ii. 41 mesial und distal (bukkal)
   iii. 44 mesial und distal (bukkal)
   iv. 44 distal und mesial (oral)
   v. 41 distal und mesial (oral)
   vi. 36 mesial und distal (oral)

Der entwickelte Index wurde bei jedem Zahn angewendet. Innerhalb dieses Index unterteilte sich die Quantität der Plaque in die drei genannten Grade. Der Index untergliederte sich weiterhin in einen „G-" und einen „K-Bereich". „G" steht hierbei für den gingivalen Bereich und beschreibt somit alle Areale des Index, welche unterhalb der Interdentalpapille liegen. Der „K-Bereich" beschreibt die Fläche, die sich oberhalb der Papille bis zum Kontaktpunkt ausdehnt. Die Werte dieser beiden Bereiche wurden gesondert voneinander in zwei verschiedene Tabellen („Studie Effektivität G-Tabelle" und „Studie Effektivität K-Tabelle") eingetragen.

Während der Auswertung waren die Scandateien in Bezug auf die Proband*innen und die Reinigungsmethode (Zahnseide oder MediFloss®) verblindet. Aufgrund des komplizierten cross-over- und Auswertungsverfahrens und der Vielzahl der Intraoralcans war eine Verblindung nach Untersuchungszeitpunkt jedoch nicht möglich.

3.5 Reliabilität der Messungen

Zu Bestimmung der Wiederholbarkeit der Beurteilung der Plaquebedeckung in den Arealen wurden aus den 37 Proband*innen die Intraoralscans von drei zufällig ausgewählten Proband*innen (Calculator.net; Randon Number Generator) ein zweites Mal ausgewertet. Dazu wurden die Scans erneut überlagert und die Auswerteareale neu konstruiert. Dies resultierte in jeweils 192 Messwiederholungen (insgesamt 576) für das K- sowie das G-

Areal. Der Kappa-Wert lag für das G-Areal bei 0,654 ($p \leq 0.001$) und für das K-Areal bei 0,665 ($p \leq 0.001$).

4. Statistik

Die Daten wurden in Excel-Tabellen übertragen und auf Richtigkeit und Plausibilität geprüft. Ausgewertet wurden die Ramfjord-Zähne.

Aus den Indexwerten der einzelnen Areale (mesial/distal sowie oral/bukkal jeweils im gingivalen Bereich und im Kontaktpunktareal) wurden auf verschiedenen Analyseebenen Mittelwerte gebildet, die für jeden Probandin/jeden Probanden einen Plaqueindexwert (**P**roximal **S**urface **P**laque **I**ndex, PSPI) darstellten.

Die Analyseebenen sind:

- Plaqueindexwert als Gesamtwert für alle Areale
- Plaqueindexwert für alle Areale aufgeteilt nach gingivalem Bereich und Kontaktpunktbereich
- Plaqueindexwert für alle Areale aufgeteilt nach bukkal und oral
- Plaqueindexwert für alle Areale aufgeteilt nach mesial und distal

Zunächst wurde untersucht, ob die Reihenfolge des Studieneintritts (Zahnseide zuerst: Gruppe 1; MediFloss® zuerst: Gruppe 2) einen Effekt auf die Plaquewerte hat. Dazu wurde für PSPI-Gesamtwert ein t-Test für unabhängige Variablen durchgeführt, dabei fand sich für keinen Zeitpunkt (Z1 und Z3) ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (p zwischen 0.220 und 0.835).

Da sich für die Plaqueindexwerte signifikante Abweichungen von der Gauß-Verteilung fanden, wurden parameterfreie Tests verwendet. Lage- und Streuungsmaße werden als Median und 95 % Konfidenzintervall (nach Bootstrapping) angegeben.

Ob die Proband*innen zu den beiden Untersuchungszeitpunkten (T1 zu T2 und T3 zu T4) mit MediFloss® oder mit Zahnseide in der Lage waren, die Plaquebedeckung zu reduzieren, wurde mit dem Wilcoxon-Test analysiert. Um die Plaquereduktion nach Anwendung von Zahnseide und MediFloss® miteinander zu vergleichen, wurden die Differenzen aus

den jeweiligen PSPI-Werten gebildet. Ob dabei MediFloss® effektiver war als Zahnseide, wurde mit dem Wilcoxon-Test verglichen.

5. Ergebnisse

5.1 Betrachtung des Index

Da der PSPI ein neuer Index ist, wurde zunächst analysiert, wie die Indexwerte mit der Anzahl der Codes für die Plaquebedeckung zusammenhängen. Dabei zeigte sich eine hohe negative Korrelation des PSPI mit der Anzahl der Areale mit Code 0 ($r = - 0{,}870$; $p < 0{,}001$), eine geringe negative Korrelation mit der Anzahl der Areale mit Code 1 ($r = -0{,}361$; $p < 0{,}001$) und eine sehr hohe positive Korrelation mit der Anzahl der Areale mit Code 2 ($r = 0{,}908$; $p < 0{,}001$) (Abb. 5-1). Damit zeigt der Index mit steigendem Zahlenwert eine deutliche Abnahme der plaquefreien und eine deutliche Zunahme der mit viel Plaque bedeckten Areale während die Areale, die zu weniger als die Hälfte mit Plaque bedeckt waren, nahezu unverändert bleiben.

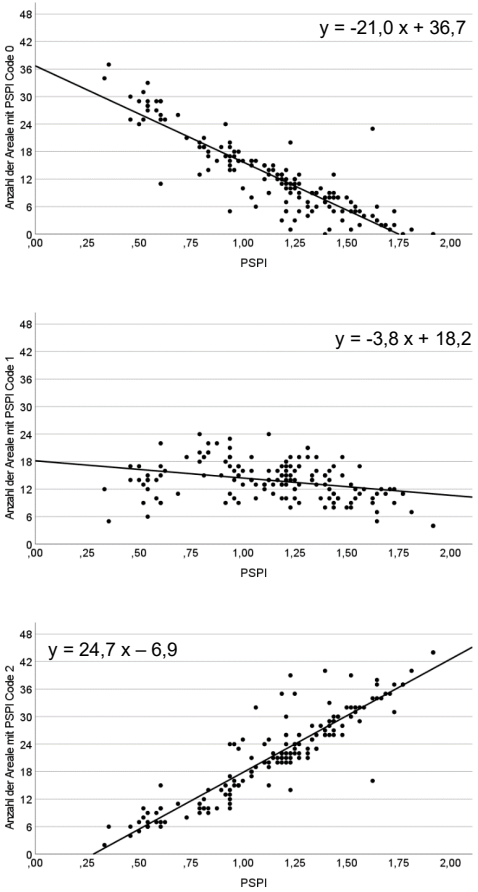


Abb. 5-1. Lineare Korrelation zwischen PSPI (Maximalwert = 2) und der Anzahl der Areale mit PSPI-Code 0, 1 oder 2 (Maximalwert = 48)

Tab. 5-1 stellt anhand der Daten für die Verwendung von Zahnseide den Zusammenhang von berechneten und beobachteten Codes vor und nach Interdentalraumhygiene dar. Dabei wird deutlich, dass die angenommenen linearen Zusammenhänge die beobachteten Mediane die jeweiligen beobachteten Häufigkeiten der Codes gut abbilden.

Tab. 5-1. PSPI-Werte (Median) vor und nach habitueller (Z1 und Z2) sowie vor und nach instruierter Anwendung von Zahnseide (Z3 und Z4) mit den in Abb. 5-1 dargestellten Geradengleichungen berechneten sowie den beobachteten Häufigkeiten der Codes 0 bis 2 (alle Areale)

	PSPI	Code	Berechnet	Beobachtet (Median)
Z1	1,29	0	9,6	9
		1	13,3	14
		2	25,0	24
Z2	1,15	0	12,6	13
		1	13,8	13
		2	21,5	21
Z3	1,40	0	7,3	9
		1	12,9	14
		2	27,7	26
Z4	1,13	0	13,0	14
		1	13,9	14
		2	21,0	20

Zur Veranschaulichung sind in Abb. 5-2 die Häufigkeiten der Codes 0 bis 2 in den 48 Beobachtungsarealen in Abhängigkeit von PSPI-Klassen dargestellt. Bei einem PSPI-Wert von unter 1 dominieren plaquefreie Areale während nur etwa 20 % der Areale zu mehr als 50 % plaquebedeckt sind. Bei PSPI-Werten über 1,5 dagegen sind über 70 % der Areale zu mehr als 50 % mit Plaque bedeckt, während nur etwa 6 % plaquefrei sind.

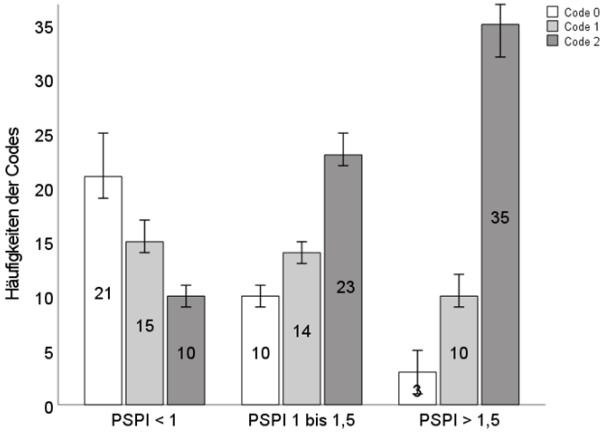


Abb. 5-2. Häufigkeiten der Codes 0 bis 2 (Median mit 95 % CI) in den 48 Beobachtungsarealen in Abhängigkeit von den PSPI-Klassen

5.2 Gesamtplaqueindex (PSPI)

Die PSPI-Werte vor der habituellen und instruierten Interdentalraumreinigung umfassten das gesamte Spektrum des Index, damit fanden sich Proband*innen mit vielen plaquefreien Arealen, aber auch solche, bei denen nahezu alle Areale zu mehr als der Hälfte mit Plaque bedeckt waren (Abb. 5-3).

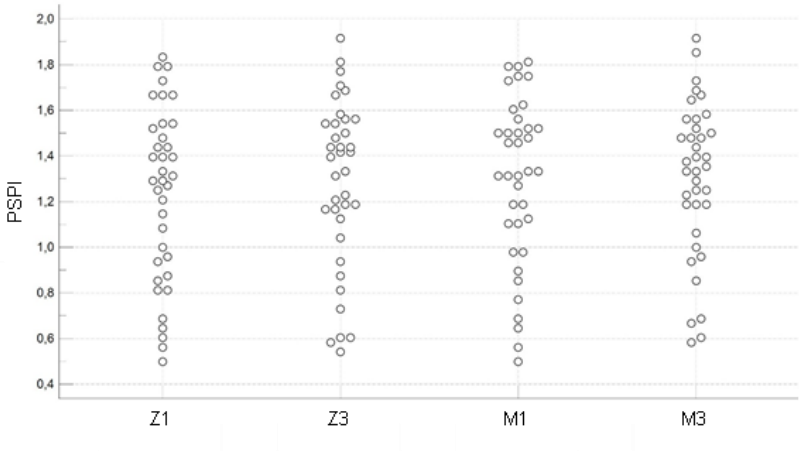


Abb. 5-3. Verteilung der PSPI-Werte vor habitueller Anwendung von Zahnseide (Z1) und MediFloss® (M1) und vor Anwendung von Zahnseide und MediFloss® nach Instruktion (Z3 und M3)

Die Werte für den PSPI finden sich in Tab. 5-2.

Die Anwendung beider Systeme konnte den PSPI-Wert sowohl bei habitueller Anwendung als auch nach Instruktion signifikant verringern. Durch die habituelle Anwendung der Zahnseide reduzierte sich der PSPI um etwa 8 %, durch die von MediFloss® um etwa 6 %. Nach der Instruktion verbesserte sich die Effektivität beider Anwendungen signifikant, es fanden sich Reduktionen des PSPI von etwa 14 % bzw. 13 %. MediFloss® zeigte dabei keine besseren Ergebnisse als Zahnseide.

Tab. 5-2. PSPI-Werte (Median (95 % CI) für Zahnseide (Z) und MediFloss® (M) zu den vier Untersuchungszeitpunkten; p-Wert 1 bezieht sich auf den Vergleich der PSPI-Wert vor und nach Anwendung (Zeitpunkte 1 und 2 sowie 3 und 4), p-Wert 2 auf den Vergleich der Differenzen vor und nach Instruktion, p-Wert 3 auf den Vergleich der Differenzen für Zahnseide und MediFloss®; gleiche hochgestellte Buchstaben bezeichnen die verglichenen PSPI-Differenzen und den dazugehörigen p-Wert

	PSPI	p-Wert 1	Differenz PSPI	p-Wert 2	p-Wert 3
Z1	1,29 (1,08; 1,44)				
Z2	1,15 (0,94; 1,27)	p < 0,001	0,1 (0,8; 0,19)[ac]		
Z3	1,40 (1,19; 1,48)				
Z4	1,13 (0,98; 1,25)	p < 0,001	0,19 (0,12; 0,25)[ad]	p = 0,022[a]	p = 0,318[c]
M1	1,33 (1,19; 1,50)				
M2	1,25 (1,02; 1,33)	p < 0,001	0,08 (0,04; 0,15)[bc]		
M3	1,35 (1,23; 1,48)				
M4	1,10 (0,92; 1,19)	p < 0,001	0,17 (0,13;0,23)[bd]	p = 0,001[b]	p = 0,844[d]

Abb. 5-4 stellt die kumulativen Häufigkeiten für den PSPI-Gesamtwert vor und nach habitueller und vor und nach instruierter Anwendung von Zahnseide und MediFloss® dar. Dabei zeigten sich für das gesamten PSPI-Spektrum sowohl nach Anwendung von Zahnseide als auch von MediFloss® Verbesserungen, welche nach Instruktion etwas größer waren als nach habitueller Anwendung.

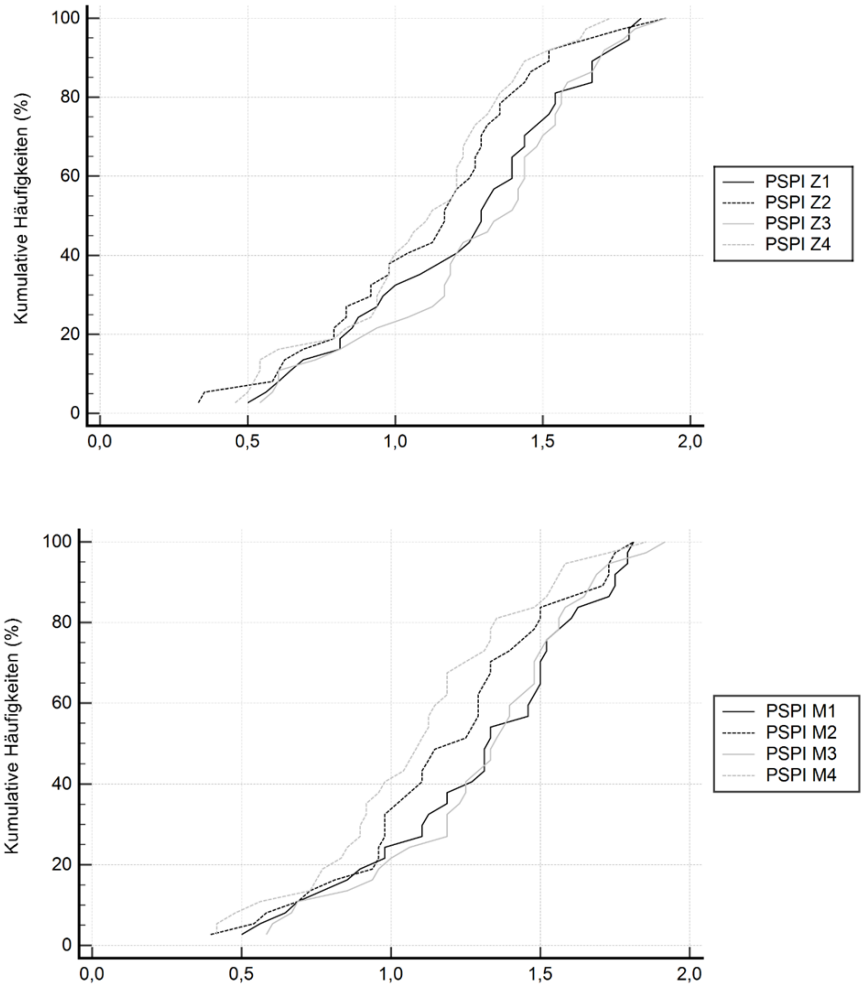


Abb. 5-4. Kumulative Häufigkeiten für den PSPI vor und nach habitueller Anwendung (Zeitpunkt 1 und 2) und vor und nach Anwendung nach Instruktion (Zeitpunkt 3 und 4) für Zahnseide (Z, oben) und MediFloss® (M, unten)

5.3 Zusammenhänge zwischen Plaqueindex und Effektivität

Der PSPI korrelierte zu allen Untersuchungszeitpunkten und nach allen Anwendungsformen signifikant (Abb. 5-5; rho zwischen 0,666 und 0,938; p immer < 0,001). Die PSPI-Werte vor und nach habitueller Anwendung (Zahnseide: rho = 0,928; MediFloss®: rho = 0,953), aber auch vor und nach Instruktion (Zahnseide: rho = 0,931; MediFloss®: rho = 0,883) zeigten dabei besonders starke Zusammenhänge.

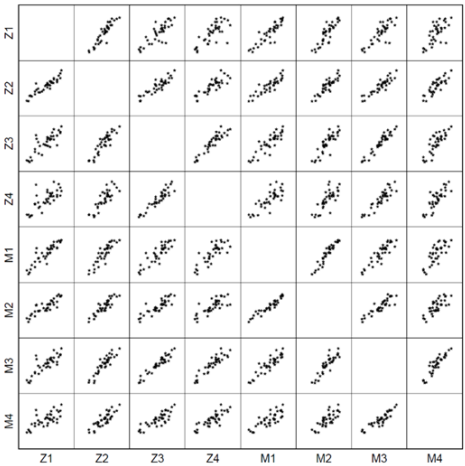


Abb. 5-5. Korrelationsmatrix für die PSPI-Werte vor und nach habitueller Anwendung von Zahnseide (Z1, Z2) und MediFloss® (M1, M2) sowie vor und nach Instruktion (Z3, Z4 bzw. M3, M4)

Die PSPI-Werte vor Anwendung von Zahnseide oder MediFloss® zeigten dagegen keine oder nur schwache Zusammenhänge mit der Effektivität der Interdentalraumreinigung (Abb. 5-6). Bei habitueller Anwendung von Zahnseide hatte die Plaquemenge vor Interdentalraumreinigung keinen Zusammenhang mit derer Effektivität (rho = 0,223; p = 0,184), ähnliches fand sich auch für MediFloss® (rho = 0,139; p = 0,412). Nach Instruktion konnten mit ansteigenden PSPI-Werten bessere Plaquereduktionen erreicht

werden, dieser Zusammenhang war jedoch schwach (rho = 0,350, p = 0,034). Nach Instruktion von MediFloss® fand sich ein solcher Zusammenhang nicht (rho = 0,081, p = 0,635).

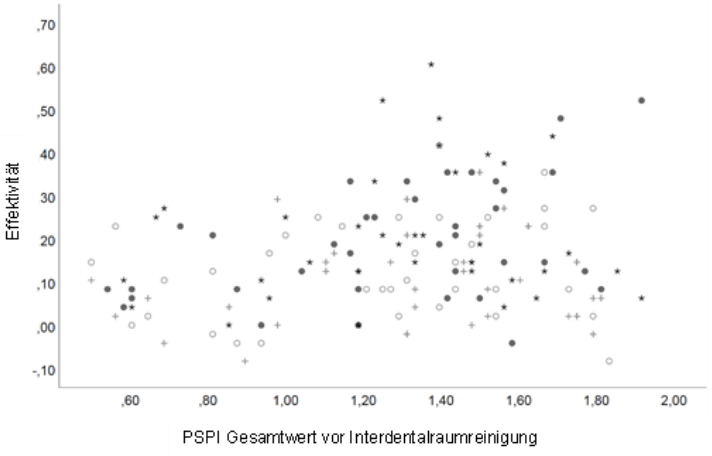


Abb. 5-6. Korrelation zwischen PSPI-Werten vor Interdentalraumreinigung und deren Effektivität (Differenz aus dem PSPI-Gesamtwert vor und nach Interdentalraumhygiene; leere Kreise = Differenz PSPI vor und nach habitueller Anwendung von Zahnseide; volle Kreise = Differenz PSPI vor und nach Instruktion von Zahnseide; Kreuze = Differenz PSPI vor und nach habitueller Anwendung von MediFloss®; Sterne = Differenz PSPI vor und nach Instruktion von MediFloss®)

5.4 Plaqueindex in den Kontaktpunkt- und Gingivaarealen

Die PSPI-Werte für die Kontaktpunkt- und Gingivaareale finden sich in Tab. 5-3.

Grundsätzlich zeigte sich im Gingivaareal vor Anwendung von Zahnseide oder MediFloss® signifikant mehr Plaque als im Kontaktpunktareal (Z1: $p = 0{,}033$; Z3: $p = 0{,}006$; M1: $p = 0{,}004$; M3: $p < 0{,}001$), dort war die Anwendung von Zahnseide sowohl habituell ($p = 0{,}024$) als auch nach Instruktion ($p = 0{,}050$) jedoch effektiver. Für die Anwendung von MediFloss® fanden sich für die beiden Areale dagegen keine signifikanten Unterschiede (habituell: $p = 0{,}810$; nach Instruktion: $p = 0.183$).

Die Anwendung beider Systeme konnte den PSPI-Wert sowohl bei habitueller Anwendung als auch nach Instruktion in beiden Arealen jedoch signifikant verringern. Durch die habituelle Anwendung der Zahnseide reduzierte sich der PSPI im Kontaktpunktareal um etwa 13 %, im Gingivaareal jedoch nur um etwa 6 %. Nach Instruktion fanden sich Verbesserungen von etwa 16 % bzw. 13 %. Für MediFloss® fanden sich nach habitueller Anwendung in beiden Arealen Verbesserungen von etwa 6 % und nach Instruktion von etwa 13 % im Kontaktpunkt- und 12 % im Gingivaareal.

Tab. 5-3. PSPI-Werte im Bereich der Kontaktpunkt- und Gingivaareale (Median (95 % CI) für Zahnseide (Z) und MediFloss® (M) zu den vier Untersuchungszeitpunkten; p-Wert 1 bezieht sich auf den Vergleich der PSPI-Wert vor und nach Anwendung (Zeitpunkte 1 und 2 sowie 3 und 4), p-Wert 2 auf den Vergleich der Differenzen vor und nach Instruktion, p-Wert 3 auf den Vergleich der Differenzen für Zahnseide und MediFloss®; gleiche hochgestellte Buchstaben bezeichnen die verglichenen PSPI-Differenzen und den dazugehörigen p-Wert

	PSPI	p-Wert 1	Differenz PSPI	p-Wert 2	p-Wert 3
	Kontaktpunktareale				
Z1	1,29 (1,00; 1,42)				
Z2	1,04 (0,96; 1,21)	p < 0,001	0,17 (0,04; 0,25)[ac]		
Z3	1,33 (1,13; 1,46)				
Z4	1,08 (0,96; 1,13)	p < 0,001	0,21 (0,13; 0,25)[ad]	p = 0,112[a]	p = 0,086[c]
M1	1,33 (1,17; 1,46)				
M2	1,13 (1,00; 1,38)	p < 0,001	0,08 (0,04; 0,17)[bc]		
M3	1,29 (1,21; 1,42)				
M4	0,96 (0,88; 1,17)	p < 0,001	0,17 (0,13; 0,29)[bd]	p = 0,008[b]	p = 0,646[d]
	Gingivaareale				
Z1	1,29 (1,00; 1,42)				
Z2	1,21 (0,96; 1,38)	p < 0,001	0,08 (0,04; 0,13)[ac]		
Z3	1,38 (1,17; 1,54)				
Z4	1,25 (1,00; 1,33)	p < 0,001	0,17 (0,08; 0,25)[ad]	p = 0,023[a]	p = 0,837[c]
M1	1,38 (1,17; 1,50)				
M2	1,21 (1,04; 1,42)	p < 0,001	0,08 (0,04; 0,17)[bc]		
M3	1,38 (1,29; 1,54)				
M4	1,21 (0,96; 1,33)	p < 0,001	0,17 (0,13; 0,29)[bd]	p = 0,004[b]	p = 0,183[d]

5.5 Plaqueindex in den bukkalen und oralen Arealen

Die PSPI-Werte für die bukkalen und oralen Areale finden sich in Tab. 5-4.

Grundsätzlich zeigte sich in den oralen Arealen vor Anwendung von Zahnseide oder MediFloss® signifikant mehr Plaque als in den bukkalen Arealen (p immer < 0,015). Die habituelle Anwendung von Zahnseide war oral effektiver als bukkal (p = 0,024), jedoch nicht mehr nach Instruktion (p = 0,694). Für MediFloss® fanden sich umgekehrte Effekte: nach habitueller Anwendung war MediFloss® bukkal und oral ähnlich effektiv (p = 0,895), nach Instruktion wurden die oralen Areale dagegen effektiver gereinigt als die bukkalen (p = 0,010).

Die Anwendung beider Systeme konnte den PSPI-Wert sowohl bei habitueller Anwendung als auch nach Instruktion in beiden Arealen jedoch signifikant verringern. Durch die habituelle Anwendung der Zahnseide reduzierte sich der PSPI bukkal um etwa 7 %, oral dagegen um etwa 12 %. Nach Instruktion fanden sich Verbesserungen von etwa 14 % bzw. 11 %. Für MediFloss® fanden sich nach habitueller Anwendung Verbesserungen von etwa 6 % in den bukkalen und von 8 % in den oralen Arealen; nach Instruktion lagen die entsprechenden Werte bei 13 % bzw. 14 %.

Tab. 5-4. PSPI-Werte im Bereich der bukkalen und oralen Areale (Median (95 % CI) für Zahnseide (Z) und MediFloss® (M) zu den vier Untersuchungszeitpunkten; p-Wert 1 bezieht sich auf den Vergleich der PSPI-Wert vor und nach Anwendung (Zeitpunkte 1 und 2 sowie 3 sowie 3 und 4), p-Wert 2 auf den Vergleich der Differenzen vor und nach Instruktion, p-Wert 3 auf den Vergleich der Differenzen für Zahnseide und MediFloss®; gleiche hochgestellte Buchstaben bezeichnen die verglichenen PSPI-Differenzen und den dazugehörigen p-Wert

	PSPI	p-Wert 1	Differenz PSPI	p-Wert 2	p-Wert 3
	Bukkale Areale				
Z1	1,13 (0,67; 1,38)				
Z2	1,00 (0,71; 1,28)	p < 0,001	0,08 (0,04; 0,13)[ac]		
Z3	1,21 (0,96; 1,13)				
Z4	0,92; (0,79; 1,21)	p < 0,001	0,17 (0,08; 0,25)[ad]	p = 0,002[a]	p = 0,986[c]
M1	1,25 (0,92; 1,42)				
M2	1,08 (0,75; 1,17)	p < 0,001	0,08 (0,04; 0,17)[bc]		
M3	1,13 (1,00; 1,33)				
M4	1,00 (0,83; 1,13)	p < 0,001	0,17 (0,08; 0,21)[bd]	p = 0,033[b]	p = 0,277[d]
	Orale Areale				
Z1	1,46 (1,25; 1,58)				
Z2	1,33 (1,13; 1,42)	p < 0,001	0,17 (0,08; 0,25)[ac]		
Z3	1,50 (1,38; 1,58)				
Z4	1,33 (1,13; 1,42)	p < 0,001	0,17 (0,12; 0,21)[ad]	p = 0,332[a]	p = 0,126[c]
M1	1,54 (1,42; 1,63)				
M2	1,42 (1,25; 1,54)	p < 0,001	0,13 (0,00; 0,21)[bc]		
M3	1,54 (1,38; 1,67)				
M4	1,13 (1,00; 1,33)	p < 0,001	0,21 (0,17; 0,25)[bd]	p = 0,003[b]	p = 0,128[d]

5.6 Plaqueindex in den mesialen und distalen Arealen

Die PSPI-Werte für die mesialen und distalen Areale finden sich in Tab. 5-5.

Grundsätzlich zeigte sich in den distalen Arealen vor Anwendung von Zahnseide oder MediFloss® numerisch etwas mehr Plaque als in den mesialen Arealen, die Unterschiede erreichten jedoch keine Signifikanz außer für die Anwendung von MediFloss® vor Instruktion (Z1 mesial zu Z1 distal: $p = 0{,}266$; Z3 mesial zu Z3 distal: $p = 0{,}058$; M1 mesial zu M1 distal: $p = 0{,}169$, M3 mesial zu M3 distal: $p = 0{,}047$).

Für die habituelle Anwendung von Zahnseide fand sich kein Unterschied in Bezug auf die Effektivität der Reinigung der mesialen und distalen Areale ($p = 0{,}286$), ebenso für MediFloss® ($p = 0{,}057$). Auch nach Instruktion wurden die mesialen Flächen nicht effektiver gereinigt als die distalen (Zahnseide: $p = 0{,}759$; MediFloss®: $p = 0{,}729$).

Die Anwendung beider Systeme konnte den PSPI-Wert sowohl bei habitueller Anwendung als auch nach Instruktion in beiden Arealen jedoch signifikant verringern. Durch die habituelle Anwendung der Zahnseide reduzierte sich der PSPI sowohl mesial als auch distal um etwa 10 %. Nach Instruktion fanden sich in mesialen Arealen Verbesserungen von etwa 16 % und in distalen um etwa 12 %. Für MediFloss® fanden sich nach habitueller Anwendung Verbesserungen von etwa 6 % in den mesialen und von 5 % in den distalen Arealen; nach Instruktion lagen die entsprechenden Werte bei 13 % bzw. 11 %.

Tab. 5-5. PSPI-Werte im Bereich der mesialen und distalen Areale (Median (95 % CI) für Zahnseide (Z) und MediFloss® (M) zu den vier Untersuchungszeitpunkten; p-Wert 1 bezieht sich auf den Vergleich der PSPI-Wert vor und nach Anwendung (Zeitpunkte 1 und 2 sowie 3 und 4), p-Wert 2 auf den Vergleich der Differenzen vor und nach Instruktion, p-Wert 3 auf den Vergleich der Differenzen für Zahnseide und MediFloss®; gleiche hochgestellte Buchstaben bezeichnen die verglichenen PSPI- Differenzen und den dazugehörigen p-Wert

	PSPI	p-Wert 1	Differenz PSPI	p-Wert 2	p-Wert 3
	Mesiale Areale				
Z1 Z2	1,25 (1,04; 1,42) 1,13 (0,96; 1,29)	p < 0,001	0,13 (0,08; 0,17)[ac]		
Z3 Z4	1,29 (1,21; 1,46) 1,04; (0,92; 1,13)	p < 0,001	0,21 (0,12; 0,21)[ad]	p = 0,034[a]	p = 0,205[c]
M1 M2	1,29 (1,13; 1,50) 1,21 (1,04; 1,29)	p < 0,001	0,08 (0,04; 0,13)[bc]		
M3 M4	1,29 (1,21; 1,46) 1,08 (0,92; 1,17)	p < 0,001	0,17 (0,13; 0,25)[bd]	p = 0,002[b]	p = 0,413[d]
	Distale Areale				
Z1 Z2	1,33 (1,08; 1,50) 1,17 (0.96; 1,29)	p < 0,001	0,13 (0,08; 0,17)[ac]		
Z3 Z4	1,46 (1,21; 1,54) 1,17 (1,04; 1,29)	p < 0,001	0,17 (0,13; 0,29)[ad]	p = 0,205[a]	p = 0,405[c]
M1 M2	1,46 (1,21; 1,50) 1,25 (1,08; 1,33)	p < 0,001	0,08 (0,04; 0,17)[bc]		
M3 M4	1,42 (1,39; 1,50) 1,17 (1,04; 1,25)	p < 0,001	0,17 (0,13; 0,25)[bd]	p = 0,036[b]	p = 0,870[d]

5.7 Darstellung der Plaquebedeckung im Fehlerbalkendiagramm

Die Daten dieser vorliegenden Untersuchung können zusätzlich mittels Fehlerbalkendiagramme dargestellt werden. Diese sind im Anhang dieser Studie vollständidg aufgelistet. Die Darstellungen zeigen, dass die Plaquebedeckung mit einem Konfidenzintervall von 95 % bei den Molaren besonders hoch ist. Im direkten Vergleich sind hier nur einzelne Stellen der Prämolaren erwähnenswert, welche eine ähnliche starke Plaquebedeckung der Oberfläche zeigen. Die Frontzähne, insbesondere die mesio-orale Fläche des 21, zeigen eine weitaus geringere Plaquebedeckung. Die höchste Plaquebedeckung wurde an der mesio-oralen Fläche des 36 beobachtet. Die verschieden stark bestehende Plaqueakkumulation nach Reinigung kann unter anderem von den anatomischen Verhältnissen abhängig gemacht werden: So befinden sich Molaren weiter posterior im Zahnbogen und sind bei der Anwendung von Interdentalraumhygieneprodukten schwieriger zu erreichen als weiter anterior stehende Zähne wie die Frontzähne. Es zeigen sich dementsprechende Zusammenhänge und Unterschiede hinsichtlich der Plaquebedeckung zwischen Molaren, Prämolaren und Frontzähnen. Eine Darstellung konsistenter Muster von Anwendungseffekten wird durch die Graphiken allerdings nicht dargestellt.

6. Diskussion

6.1 Dentaler Biofilm (Plaque)

6.1.1 Aufbau

Der dentale Biofilm ist eine Auflagerung auf den Oberflächen der Zähne. Er besteht aus aggregierten Mikroorganismen, welche in eine organische Matrix eingebettet sind. Die Matrix setzt sich aus Nahrungsbestandteilen, Proteinen aus dem Speichel sowie aus bakteriellen Stoffwechselprodukten zusammen (Laird and Grant, 1983). Der Biofilm besteht zu 80-90 % aus Wasser und weist gram-positive (unter anderem Streptokokken und Actinomyceten) und gram-negative Bakterien (unter anderem Fusobakterien, Porphyromonas, Treponema) auf. Die Trockenmasse des Biofilms besteht zu ungefähr 70 % aus Bakterien (Marsh and Bradshaw, 1995).

6.1.2 Entwicklung

Die Kommunikation der Bakterien und die damit verbundene Anpassung an externe Stimuli erfolgt über die extrazelluläre Matrix und ist abhängig von der Dicke der Peptidoglykanschicht. Diese extrazelluläre Kommunikation erfolgt bei gram-positiven Bakterien über Peptide, wohingegen die Kommunikation bei gram-negativen Bakterien über das Signalmolekül AHL (acyl homoserine lactones) erfolgt. Die Kommunikation zwischen den gram-positiven und gram-negativen Bakterien erfolgt über das Signalmolekül AI-2 (autoinducer-2). AHL spielt neben der Kommunikation eine wichtige Rolle beim quorum sensing, bei dem die Zellen durch Genexpression die Zelldichte der Population erhöhen können (Marsh, 2005). Durch diese Erhöhung der Zelldichte und die Kommunikation und Organisation der Bakterien wird die Bildung der Plaque initiiert.

Die Entwicklung der Plaque wird in verschiedene Schritte untergliedert, wobei es keine feste Trennung zwischen den Schritten gibt und diese ineinandergreifen können. Die Entwicklung beginnt mit der Bildung eines Pellikel. Das Pellikel besteht aus Glykoproteinen, Lysozymen, Amylasen und Immunoglobulinen. Durch die Kolonisation von Mikroorganismen entwickelt sich das Pellikel zur dentalen Plaque (Laird and Grant, 1983). In-situ Studien konnten zeigen, dass die frühen Besiedler der Zahnoberfläche zu einem großen Teil die Bakterien sind, die bereits vor der Entstehung der Plaque in der Mundhöhle anzutreffen sind. Dazu zählen *S. sanguinis*, *S. oralis* und *S. mitis* (Marsh and Bradshaw, 1995; Takahashi and Nyvad, 2008). Diese drei Bakterientypen bilden etwa 95 % der in der Plaque befindlichen Streptokokkenpopulation und 56 % aller Bakterien der Plaque. Je älter die Plaque, desto höher ist der Anteil an Actinomyceten und desto geringer ist der Anteil an Streptokokken (Takahashi and Nyvad, 2008).

Bei der Kolonisation des Pellikel interagieren bakterielle Oberflächenrezeptoren mit Glykoproteinen im Speichel und Immunglobulinen im Pellikel (van Houte, 1982). Zusätzlich werden die Bakterien über Bindungskräfte, wie Brownsche Bewegungen und die Eigenbewegungen der Bakterien, an die Oberfläche gebunden (Scheie, 1994). Zu einen der ersten Bindungskräfte gehören außerdem die Van-der-Waals-Kräfte und die ionischen Bindungen. Die Interaktionen unterliegen vielen äußeren Faktoren, wie zum Beispiel dem pH-Wert, der Ladung der Oberflächen und die Hydrophobie des auf dem Zahn aufliegenden Pellikel (Scheie, 1994). Dadurch, dass diese anfänglich aufkommenden Kräfte keine spezifischen Bindungskräfte sind, kommt es nur zu einer schwächere Bindung der Mikroorganismen an die Oberfläche (Addy et al., 1992).

Bei der weiteren Besiedlung der Zahnoberfläche spielen hydrophobe Anziehungskräfte eine entscheidende Rolle. Je mehr Bakterien durch hydrophobe Kräfte an die Oberfläche gebunden werden, desto einfacher können weitere Bakterien durch ebendiese Kräfte an die Oberfläche des Zahnes gebunden werden (Addy et al., 1992). Über die Ko-Aggregation und die Bindung sekundärer Besiedler an die primären Besiedler kommt es zum horizontalen und vertikalen Schichtwachstum. Hierbei agiert *F. nucleatum* als Brückenglied zwischen den primären und den sekundären Besiedlern (Marsh and Bradshaw, 1995).

Die letzte Stufe beschreibt den Abschluss der Oberflächenbesiedlung nach ungefähr zwei bis drei Wochen, welcher sich durch die endgültige Entstehung der dentalen Plaque auszeichnet (Scheie, 1994; Marsh and Bradshaw, 1995). Zu diesem Zeitpunkt kann die Plaque eine erhebliche Dicke aufweisen. In bestimmten, schwierig zu reinigenden Bereichen, wie den Fissuren, Approximalflächen und dem Sulkus kommt es zu einer noch stärkeren Plaqueakkumulation (Marsh and Bradshaw, 1995).

6.2 Interdentalraumhygiene

Für die regelmäßige häusliche Entfernung von Plaque stehen verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung. Für die Säuberung der leicht zugänglichen Bereiche stehen Handzahnbürsten und elektrische Zahnbürsten zur Verfügung. Bei der Anwendung der korrekten Putztechnik erfolgt eine suffiziente Reinigung der Glattflächen durch den Bürstenkopf.

Im Gegensatz zu den Glattflächen sind bestimmte Bereiche der Zähne, wie zum Beispiel die Approximalflächen, schwieriger zu reinigen. Für die Reinigung dieser Bereiche gibt es eine Vielzahl an weiteren Hilfsmitteln. Hierzu zählen unter anderem Produkte wie Zahnhölzchen, sogenannte „powered-driven interdental cleaning tools (PDICT)“, Interdentalbürsten und Zahnseide.

Zahnhölzchen sind dem interdentalen Dreieck nachgebildet und sollen die Plaque über Friktion am Zahn abtragen. Ein Vorteil von Zahnhölzchen gegenüber Zahnseide ist nicht belegt. Studien, die die Effektivität dieser zwei Produkte verglichen haben, können keinen besseren Reinigungseffekt von Zahnhölzchen nachweisen. Trotzdem verringern sie bei korrekter Anwendung die Blutungsneigung der Gingiva, ähnlich wie Mundspüllösungen (Ng and Lim, 2019).

PDICTs werden in verschiedene Gruppen eingeteilt. Hierbei wird zwischen PDICTs, welche die Plaque mittels eines Wasserstrahls entfernen, mechanischen und kombinierten Instrumenten unterschieden. Die PDICTs, mit welchen die Plaque über einen Wasserstrahl entfernt wird, wurden zwischen 1960-1970 in die Zahnmedizin eingeführt. Dem

Wasserstrahl können Luft, antibakterielle sowie antiinflammatorische Lösungen zugesetzt werden. Der Druck des Wasserstrahls kann variiert werden. Die Plaquereduktion der mechanischen PDICTs erfolgt über Vibration oder Rotation von eingespannten Interdentalbürsten, Zahnhölzchen oder voreingespannter Zahnseide. Eine systematische Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2023 (Edlund et al., 2023) kommt zu dem Ergebnis, dass die tägliche Anwendung der PDICTs, bei welchen die Plaque über einen Wasserstrahl entfernt wird, in Kombination mit der mechanischen Zahnreinigung zu einer signifikanten Reduktion der Blutungsneigung der Gingiva führt. Allerdings wird weder mit diesen, noch mit den mechanischen PDICTs mehr Plaque entfernt als mit Zahnseide. Somit ist die Plaquereduktion der PDICTs mit der Plaquereduktion der Zahnseide vergleichbar, was durch vorangegangene systematische Übersichtsarbeiten bereits gezeigt werden konnte (Husseini et al., 2008; Ng and Lim, 2019; Worthington et al., 2019). In der Übersichtsarbeit von Edlund et al. wird jedoch auf eine mögliche höhere Compliance der Patient*innen verwiesen, da die Anwendung der PDICTs im Gegensatz zur Anwendung von Zahnseide von den Patient*innen als angenehmer bewertet wurde. Diese Hypothese wird nicht durch Langzeitstudien belegt, da hierfür entsprechende Ergebnisse fehlen (Edlund et al., 2023).

Interdentalbürsten sind seit 1976 Gegenstand von wissenschaftlichen Untersuchungen. In zwei systematischen Übersichtsarbeiten wird hervorgehoben, dass die Anwendung von Interdentalbürsten in Kombination mit der mechanischen Zahnreinigung zu einer Reduktion von Plaque, Blutungen und Sondierungstiefen führt (Slot et al., 2008; Poklepovic et al., 2013). Eine weitere systematische Übersichtsarbeit von Sälzer et al. (Sälzer et al., 2015) kam sogar zu dem Ergebnis, dass Interdentalbürsten gegenüber allen anderen Mundhygieneprodukten den besten Reinigungseffekt in den Approximalräumen erzielen. Dieselbe Studie beschreibt, dass durch die Anwendung von Zahnseide keine suffiziente Entfernung der Plaque aus den Approximalräumen erfolgt (Sälzer et al., 2015). Die systematische Übersichtsarbeit von Ng und Lim aus dem Jahr 2019 kommt zu demselben Ergebnis (Ng and Lim, 2019).

Zur korrekten Anwendung von Zahnseide wurden in den letzten Jahren viele Studien durchgeführt. Studien mit unterschiedlichen Kohortengrößen, -zusammensetzungen und Studienkonzepten konnten zeigen, dass 10-30 % der Patient*innen Zahnseide routinemäßig anwenden (Lang et al., 1995; Winterfeld et al., 2015; Srinivasan et al., 2019).

In der Studie von Lang et al. (Lang et al., 1995) wurden 319 volljährige Personen zu ihrer häuslichen Mundhygiene befragt. Dabei gaben 32,9 % der Befragten an, mindestens einmal pro Tag Zahnseide anzuwenden. Zusätzlich erfolgte eine Untersuchung der Mundhygiene im häuslichen Umfeld. Hierbei wurden die Anwendung von Zahnseide in einem anterioren und einem posterioren Bereich und die Reinigung der Glattflächen untersucht. Die Anwendung der Zahnseide wurde anhand eines modifizierten Flossing Dexterity Index (FDI) beurteilt, mit welchem die Haltung der Zahnseide, das Überschreiten des Kontaktpunktes, die subgingivale Reinigung, das c-förmigen Umschlingen der Zähne und die vertikalen Auf- und Abbewegungen bewertet werden. Anhand der erhobenen Werte, basierend auf dem FDI, berechneten die Autor*innen anschließend einen Wert, welcher zwischen 0 und 100 lag. Ein Wert von 80 wurde als adäquates Flossen definiert, dies erreichten 21,6 % der Untersuchten. Die Fähigkeit, Zahnseide adäquat anzuwenden, war mit etwas geringeren Werten für Plaque und Zahnstein verbunden, hatte jedoch keinen Einfluss auf Gingivitis und Sondierungstiefen.

In der Studie von Srinivasan et al. (Srinivasan et al., 2019) wurde das Mundhygieneverhalten von 100 pflegebedürftige Personen im Alter zwischen 68 und 102 Jahren auf der geriatrischen Station des Geneva University Hospital (HUG) untersucht. Die Studie untersucht nicht gesondert, ob und wie die einzelnen Mundhygieneprodukte zu einer Reduktion der Plaque führen. Vielmehr wurden die Zusammenhänge zwischen kognitiven Fähigkeiten mit der Entfernung der dentalen Plaque untersucht. Die Personen wurden gefragt, ob sie bestimmte Mundhygieneprodukte kennen und nutzen. Darunter fällt unter anderem die Zahnseide, von der 79 % angaben, sie zu kennen. Allerdings wurde sie nur von 27 % der Befragten angewendet. Anschließend erfolgte die Untersuchung der habi-

tuellen Mundhygiene ohne vorherige Instruktion. Es wurde beobachtet, dass Plaqueindizes umso geringer waren, je mehr Mundhygieneprodukte angewendet wurden und je besser die kognitiven Fähigkeiten waren.

Eine größere Einschränkung der Studie von Srinivasan et al. ist, dass durch die reduzierten kognitiven Fähigkeiten der Untersuchten eine höhere Wahrscheinlichkeit besteht, dass Fragen zum Mundhygieneverhalten falsch beantwortet wurden. Weiterhin wurde nicht untersucht, ob bei der Anwendung der verschiedenen Mundhygieneprodukte die richtigen Techniken angewandt wurden. Außerdem erfolgte keine Berücksichtigung der Anzahl der Zähne und des Gebisszustands.

Die Studie von Winterfeld et al. (Winterfeld et al., 2015) untersucht unter anderem die habituelle Anwendung von Zahnseide und die durchgeführte Technik von 101 18-jährigen Personen, welche mit einer hinter einem Spiegel positionierten Kamera bei ihrer gewohnten Mundhygiene mit Zahnbürste und nach Bedarf Zahnseide ohne weitere Instruktion gefilmt wurden. 47 Personen wendeten im Rahmen ihrer habituellen Mundhygiene Zahnseide, fünf davon in allen vier Quadranten an. Nur eine Person wendete die Zahnseide mit der korrekten Technik in allen Sextanten an. Die Anwendung der Zahnseide wurde als adäquat bewertet, sobald allen Approximalräume erreicht und mindestens zwei vertikale Auf- und Abbewegungen durchgeführt wurden.
Die Untersuchung von Winterfeld et al. spiegelt das tatsächliche habituelle Putzverhalten eingeschränkt wider, da die untersuchten Personen wussten, dass sie während der Reinigung gefilmt wurden und dadurch eine gründlichere Reinigung als im häuslichen Umfeld erfolgte. Zwei Untersuchungen konnten allerdings zeigen, dass es zu keinen signifikanten Unterschieden im Putzverhalten kommt, auch wenn im Vorfeld über die Videoaufzeichnung informiert wurde (Rugg-Gunn and Macgregor, 1978; Ganss et al., 2009).

Bisherige Untersuchungen vergleichen hauptsächlich die Effizienz der Reinigung verschiedener Mundhygieneprodukte und nicht, ob die Interdentalraumhygiene bei korrekter Anwendung und vorheriger Instruktion zu einer suffizienten Reduktion der approximalen Plaque führt. In den Untersuchungen werden häufig Interdentalbürsten und Zahnseide

miteinander verglichen. Systematische Übersichtsarbeiten von Hujoel et al. (Hujoel et al., 2006), Chapple et al. (Chapple et al., 2015; Sälzer et al., 2015) und Sälzer et al. (Chapple et al., 2015; Sälzer et al., 2015) kommen wie beschrieben zu dem Ergebnis, dass die Plaque auf den Approximalflächen effektiver mit Interdentalbürsten als mit Zahnseide entfernt werden kann. Allerdings ist eine abschließende Bewertung der Plaquereduktion durch Zahnseide schwierig: Zum einen sind die Ergebnisse hinsichtlich der Effizienz von Zahnseide nicht einheitlich. Zum anderen liegen zu wenige Untersuchungen vor, die unter Alltagsbedingungen stattgefunden haben. Viele der durchgeführten Studien wurden in klinischer Umgebung oder überwachter Umgebung durchgeführt (Hujoel et al., 2006), was zu einer Beeinflussung der Ergebnisse führt.

Weiterhin ist in der aktuellen Studienlage die Unterteilung der Approximalräume und -flächen nicht eindeutig. Eine einheitliche Unterteilung der entsprechenden Flächen wird in der aktuellen Literatur nicht vorgenommen. Somit ist der Vergleich zwischen den verschiedenen Indizes stark eingeschränkt. Es werden unterschiedliche Plaque-Indizes als Surrogatparameter für die Bewertung der Flächen herangezogen. Häufig genutzte Indizes für die Unterteilung der Zahnflächen sind der modifizierte Quigley-Hein Plaque-Index nach Turesky und der Plaque-Index nach Silness und Löe. Bestehende Plaque-Indizes wie diese weisen das Problem auf, dass sie in ihrer Unterteilung zu großflächig sind. Kleinere Veränderungen in der Lokalisation und Menge an Plaque können zu klinisch signifikanten Veränderungen führen. Durch eine binäre Bewertung der Oberflächen (0: Plaque-Absenz, 1: Plaque-Präsenz) werden solche wichtigen kleineren Veränderungen der Plaque nicht berücksichtigt.

Die Bewertung der Plaquemenge mit Indizes ist subjektiv und erfolgt in den meisten Fällen klinisch. Eine digitale Analyse und Auswertung in einem zweiten Schritt wird in vielen Fällen nicht durchgeführt (La Rosa et al., 2023). Zu diesem Zeitpunkt gibt es auch noch keine größeren Scanner-gestützten Untersuchungen zur tatsächlichen Reduktion interdentaler Plaque mittels zweier unterschiedlicher Zahnseidesysteme vor und nach Instruktion. Die systematische Übersichtsarbeit von La Rosa (La Rosa et al., 2023) stellt

den Forschungsbedarf hinsichtlich der Schnittstelle zwischen klinischer Evaluation und digitaler Auswertung der erhobenen Daten, ebenfalls fest.

6.3 Studiendesign

Bei dieser Studie handelt es sich um eine randomisierte, kontrollierte, cross-over Interventionsstudie. Die randomisierten, kontrollierten Studienmodelle sind weiterhin der Goldstandard für Studien im medizinischen Bereich (Bothwell et al., 2016). Das cross-over-Design ist eine etablierte Methode, um verschiedene Interventionen an denselben Personen zu untersuchen. Daraus resultieren eine geringere Anzahl an Teilnehmer*innen (Aggarwal and Ranganathan, 2019), sowie geringere Kosten und eine schnellere Datenerhebung (Bonten et al., 2013).

6.3.1 Proband*innen, Materialien und Methoden

Die für die vorliegende Studie beschriebenen Ein- und Ausschlusskriterien sind vergleichbar mit denen von vorangegangenen Studien, in denen die Interdentalraumhygiene untersucht wurde (Slot et al., 2008; Worthington et al., 2019; Ng and Lim, 2019). Für die vorliegende Untersuchung wurden ebenfalls Proband*innen mit einem guten allgemeinen Gesundheitszustand, ohne kieferorthopädische Apparaturen und vergleichbaren Alters eingeschlossen. Weiterhin wurden Proband*innen, bei denen alle Interdentalräume für Zahnseide zugänglich waren, eingeschlossen. Allerdings wurden Proband*innen mit einer ausgeprägten Gingivitis mit Schwellung und Blutung ausgeschlossen. Durch veränderliche Schwellungen im Bereich der Approximalflächen kann die Vergleichbarkeit der Plaqueausdehnung verzerrt werden und profuse Blutungen können die Beurteilung der Zahnoberflächen erschweren. Da unser Zielkriterium in der Beurteilung der Plaquebedeckung, nicht jedoch bei Effekten unsere Intervention auf die ginigvale Gesundheit lag, stellt dieses Ausschlusskriterium keinen Nachteil dar.

Wie auch in den Vorgängerstudien dieser Arbeitsgruppe (Giese-Kraft et al., 2022; Jung et al., 2022; Jung et al., 2024) wurden ausschließlich jüngere Proband*innen in die vorliegende Studie eingeschlossen.

Aufgrund des Bildungsgrades und des Alters bestand bei diesen Proband*innen eine gute motorische und intellektuelle Lernfähigkeit. 39 der 43 eingeschlossenen Proband*innen waren Studierende der Zahnmedizin. Eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse kann hier jedoch ausgeschlossen werden, da ausschließlich Studierende aus den ersten beiden vorklinischen Semestern eingeschlossen wurden. Zu diesem Zeitpunkt im Studium kann davon ausgegangen werden, dass kein fachlich fundierter Bezug zur Zahnmedizin besteht und noch keine Teilnahme am Prophylaxeprogramm der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Präventive Zahnheilkunde erfolgte. Grundlegende Erfahrungen mit der zahnärztlichen Prophylaxe wurden allerdings nicht ausgeschlossen.

Die Proband*innen setzten im Rahmen dieser Untersuchung vier Mal die Interdentalraumhygiene für sieben Tage aus, sodass eine Plaqueakkumulation auf den Approximalflächen stattfinden konnte. In zwei früheren Studien (Löe et al., 1965; Winkel et al., 1987) wurde gezeigt, dass das Aussetzen der gesamten Mundhygiene zu einer reversiblen Gingivitis führt und die gesunden Ausgangsbedingungen nach Wiederaufnahme der Mundhygiene wieder erreicht werden. In einer weiteren Studie aus dem Jahr 1966 (Theilade et al., 1966) konnten nach ein bis zwei Tagen ein Rückgang der Entzündungszeichen der Gingiva beobachtet werden, obwohl die gesamte Mundhygiene davor mindestens neun Tage ausgesetzt wurde. An den betroffenen Stellen wurde anschließend eine geringe Konzentration an gram-positiven Bakterien nachgewiesen. Auf Grundlage dieser wesentlichen Untersuchungen und der Gegebenheit, dass die Proband*innen nicht die gesamte Mundhygiene aussetzten, kann somit im Rahmen dieser Studie ausgeschlossen werden, dass anhaltenden gesundheitlichen Schäden aus dem Aussetzen der Interdentalraumhygiene resultieren.

Der Plaquerevelator Mira-2-Ton® (Hager & Werken, Duisburg, Deutschland) zeigt die Plaque mit einem hohen klinisch relevantem Farbunterschied nach dem ersten Anfärben

reliabel und suffizient (Şen et al., 2020). Dabei kann nach Anfärben zwischen älterer, blauer Plaque und jüngerer, pinker Plaque unterschieden werden (Block et al., 1972; Gallagher et al., 1977; Şen et al., 2020). Da Plaque beim einmaligem Färben möglicherweise dennoch nicht vollständig dargestellt wird und ein mehrfaches Auftragen eine höhere Standardisierung bietet (Quirynen et al., 1985) wurde der Farbauftrag wiederholt.

Plaque wurde auf Intraoralscans quantifiziert, was ein neues Vorgehen darstellt. Intraoralscanner haben heute breite Anwendungsgebiete und weisen eine hohe Genauigkeit auf. In einer aktuelleren Studie aus dem Jahr 2022 (Schlenz et al., 2022) konnte gezeigt werden, dass der für diese Arbeit verwendete Intraoralscanner im Vergleich zu einer konventionellen Abformung mit Polyether zwar eine Deviation aufweist, diese allerdings aufgrund geringer unterschiedlicher Werte als vernachlässigbar angesehen werden kann. In der Studie wurden 45 teil- oder vollbezahnte Personen konventionell und digital abgeformt. Die genannten Deviationen betrugen für die Polyether-Abformung 34.8 ± 29.6 µm und für den *Carestream CS 3800* 98.9 ± 62.1 µm. In einer Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2018 (Abduo and Elseyoufi, 2018) wird deutlich, dass die Genauigkeit von Intraoralscannern zu diagnostischen Zwecken vergleichbar ist mit der Genauigkeit von konventionellen Abformungen.

Die Anwendung des Intraoralscanners in der vorliegenden Untersuchung beschränkt sich jedoch auf das digitale Erfassen und Dokumentieren der Plaquebedeckung im interdentalraumnahen Bereich, wobei die genannten Dimensionsumgenauigkeiten hinreichend gering sind. Da die Genauigkeit von Intraoralscans allerdings immer von der individuellen intraoralen Situation abhängig ist (Revilla-León et al., 2023), wurden vor Beginn der Studie eine Vielzahl an Trainingsdurchläufen und Kalibrierungen durchgeführt, welche in einer hohen Sicherheit im Umgang mit dem Intraoralscanner resultierten und potentielle Fehlerquellen reduzierten.

Dass der verwendete Intraoralscanner angefärbte Plaque im Vergleich zu der klinischen visuellen Bewertung gut darstellen kann, konnte unserer Arbeitsgruppe gezeigt werden (Giese-Kraft et al., 2022). Hierfür wurde die Plaque auf den Oral- und Vestibulärflächen

der Ramfjord-Zähne mithilfe des modifizierten Rustogi-Navy-Plaque-Index (RMNPI) klinisch und auf zwei- und dreidimensionalen Aufnahmen (Intraoralkamera *Carestream CS 1500* und Intraoralscanner *Carestream CS 3800*, beide Carestream Dental LLC, Atlanta, Vereinigte Staaten von Amerika) bewertet. Der RMNPI wird häufig bei Untersuchungen zum Putzverhalten angewendet. Die Ramfjord-Zähne gelten als repräsentativ für die gesamte Dentition (Goldberg et al., 1985; Relvas et al., 2013). In die Studie von Giese-Kraft et al. wurden 20 Proband*innen eingeschlossen und die Plaquemenge zu drei verschiedenen Zeitpunkten dokumentiert: zu Beginn der Studie (T1), nach 72 Stunden ohne Mundhygiene (T2) und nach anschließend durchgeführter habitueller Mundhygiene (T3). Der signifikante Unterschied in der Plaquemenge zwischen den jeweiligen Zeitpunkten konnte mit allen drei Methoden festgestellt werden. Dabei wurden keine signifikanten Unterschiede in den Ergebnissen zwischen den Methoden festgestellt. Die Durchführung einer Blant-Altmann-Analyse bestätigte diesen Zusammenhang.

In zwei weiteren Vorgängerstudien dieser Arbeitsgruppe konnte gezeigt werden, dass auch eine planimetrische Auswertung der Plaque auf Intraoralscans möglich ist (Jung et al., 2022; Jung et al., 2024). Dafür wurden in der ersten Studie von Jung et al. (Jung et al., 2022) die Unterschiede zwischen der planimetrischen Auswertung der Plaque auf Intraoralscans und Intraoralfotos untersucht. Als Grundlage dient dasselbe Studiendesign wie für die Studie von Giese-Kraft et al. (Giese-Kraft et al., 2022). Zur Erstellung der Aufnahme wurde ebenfalls die Intraoralkamera *Carestream CS 1500* und der Intraoralscanner *Carestream CS 3600* genutzt. Mit einer eigens für die Studie entwickelten Software wurde die relative Plaqueakkumulation an T1-T3 auf den Oral- und Vestibulärflächen der Ramfjord-Zähne bewertet. Bei der planimetrischen Auswertung zeigte sich eine sehr hohe Korrelation zwischen der auf den Intraoralscans und der auf den intraoralen Fotos gemessenen Plaquebedeckung ($r = 0.876$; $p \leq 0.001$) und es wurde eine Plaquereduktion von 47 % ($p \leq 0.001$) zwischen T1 und T2 und von 43 % ($p \leq 0.001$) nach durchgeführter Mundhygiene (T3) beobachtet. In der zweiten Untersuchung der Arbeitsgruppe (Jung et al., 2024) konnten diese Ergebnisse mit verschiedenen Intraoralscannern reproduziert werden.

Auf Grundlage der drei vorangegangenen Studien der Arbeitsgruppe (Giese-Kraft et al., 2022; Jung et al., 2022; Jung et al., 2024) kann somit angenommen werden, dass sowohl die digitale Erfassung der Plaque generell als auch die Erfassung der approximalen Plaque auf Grundlage des PSPI möglich sind.

Verblindungen von Studien sind ein wichtiges methodologisches Mittel, um die Aussagekraft der Ergebnisse von randomisierten, kontrollierten Studien zu steigern (Karanicolas et al., 2010). Die Scandateien der vorliegenden Studie wurden für die Auswertung umcodiert, waren allerdings nicht verblindet, da aufgrund des komplexen cross-over-Designs und Auswertungsverfahrens sowie der Vielzahl der Intraoralscans eine Verblindung eine hohe Fehleranfälligkeit barg. Nichtsdestotrotz war während der Auswertung nicht erkenntlich, welcher Datensatz bearbeitet wurde, da die Proband*innen einer zufälligen Zahl zwischen 1 und 43 zugeteilt wurden und somit kein Zusammenhang zwischen Patient*in und Zahl bestand. Ein Vorteil bei der Anwendung eines Intraoralscanners zur Erfassung der Plaque liegt in der zeitlichen Trennung zwischen der Erhebung in einer ersten Sitzung und der Auswertung der Daten zu einem späteren Zeitpunkt. Durch diese zeitliche Trennung wird eine mögliche Voreingenommenheit bei der Auswertung der Daten reduziert.

Weiterhin können die gespeicherten Datensätze zu einem späteren Zeitpunkt nach verschiedenen Gesichtspunkten beliebig oft untersucht werden. Dies ist nicht möglich, wenn die Proband*innen zu einer einmaligen klinischen Untersuchungen einbestellt werden. Dadurch könnten in einem separaten Schritt auf Grundlage der für diese Studie erhobenen Daten zusätzliche planimetrische Auswertungen durchgeführt werden. Wie darüber hinaus auch in der Studie von Jung et al. (Jung et al., 2024) beschrieben wird, können die Daten so aus verschiedenen Blickwinkeln unabhängig vom beruflichen Hintergrund der analysierenden Person untersucht werden. Somit kann eine Datenverarbeitung auch von Personen erfolgen, die nicht primär im zahnmedizinischen Bereich fortgebildet sind.

6.3.2 Methodische Neuerungen

Etablierte Plaqueindizes, wie der Gingival- und Plaqueindex nach Silness und Löe (Löe and Silness, 1963; Silness and Löe, 1964), der Plaqueindex nach Quigley und Hein (Quigley and Hein, 1962) und der modifizierte Quigley und Hein Plaque Index nach Turesky (Turesky et al., 1970), sind in ihrer Unterteilung der Zahnoberflächen großflächig und beziehen sich oftmals nicht auf einzelne Areale der Zähne. Mit dem häufig angewendeten Rustogi-modifizierten Navy Plaque Index (RMNPI) wird die Zahnoberfläche in neun Areale eingeteilt, welche binär bewertet werden (0 = Plaqueabsenz, 1 = Plaquepräsenz) (Rustogi et al., 1992). Obwohl dadurch im Vergleich zu anderen Indizes eine präzisere Beschreibung der Lokalisation und Ausdehnung der Plaque möglich ist, bleibt eine feinere Unterteilung der Plaquemenge aus. Ausschließlich vollständig plaquefreie Areale werden mit dem Code 0 bewertet. Areale, die zwar gereinigt wurden, jedoch nicht komplett plaquefrei sind, werden weiterhin mit dem Code 1 bewertet. Somit wird bei Anwendung dieses Index ausschließlich die perfekte Reinigung der Areale und keine Verbesserungen bewertet.

Um eine feinere Unterteilung sowie Bewertung der kritischen approximalen Bereiche der Zähne vornehmen zu können, wurde auf Grundlage des RMNPI ein Index entwickelt, der erstmalig im Rahmen dieser Untersuchung angewendet wurde. Mit dem PSPI werden die mesialen und distalen Flächen der Zähne in Bereiche ober- und unterhalb der Interdentalpapille eingeteilt. Damit die Plaquereduktion präziser bewertet werden kann, wurde die Unterteilung in drei Grade erweitert (0 = keine Plaque, 1 = Bedeckung zu weniger als 50 % und 2 = Plaquebedeckung zu mehr als 50 %). Dadurch sind präzisere Aussagen über die Verbesserung bzw. Verschlechterung der Plaquereduktion durch die Anwendung der Interdentalraumhygieneprodukte möglich.

Ähnlich wie bei anderen Plaqueindizes wurden aus den Einzelwerten der Areale entsprechend der zu betrachtenden Bereiche (gesamt oder nach Oral- und Vestibulärflächen aufgeteilt) der arithmetische Mittelwert gebildet, der die entsprechenden Indexwerte darstellte. Solche Berechnungen sagen jedoch nur bedingt etwas über die Häufigkeiten der zugrundliegenden Einzelwerte aus und sind für die Bewertung der Plaquemenge letztlich

abstrakte Maße. Für die Codes 0 und 2 fand sich ein deutlich linearer Zusammenhang zu den PSPI-Werten, weniger dagegen zu Code 1. Das bedeutet, dass der Indexwert wesentlich von der Anzahl plaquefreier und zu mehr als 50 % plaquebedeckten Areale bestimmt wird. Dennoch fand sich eine sehr gute Übereinstimmung der beobachteten mit den aus den Geradengleichungen berechneten Häufigkeiten.

Ein weiterer Aspekt ist die klinische Bewertung von Indexwerten. Die Häufigkeitsverteilung der Einzelcodes verändert sich natürlich mit steigendem Indexwert, dabei zeigte sich, dass bei PSPI-Werten unter 1 immerhin etwas mehr als 40 % der Areale plaquefrei sind, während bei Werten über 1,5 über 70 % der Areale zu mehr als 50 % plaquebedeckt sind. Wenn auch unklar ist, welche Plaquemengen klinisch relevant sind, lässt sich daraus zumindest mit Vorsicht ableiten, dass ein Indexwert unter 1 als hinreichend gut angesehen werden kann.

Eine weitere Neuerung bestand in der Verwendung eines standardisiert konstruierten Untersuchungsareals, das auf alle drei Intraoralscans identisch übertragen wurde. Diese Areale entsprechen in etwa den gingiva- und approximalraumnahen Arealen des RMNPI, dieser wird aber ursprünglich nur nach imaginärer Einteilung verwendet, was die Kalibrierung aufwändig und schwierig macht und die Reproduzierbarkeit einschränkt.

6.4 Studienergebnisse

6.4.1 Gesamteffekte von Zahnseide und MediFloss®

Durch die habituelle Anwendung von Zahnseide reduzierte sich der Gesamt-PSPI um etwa 8 %, wobei vor habitueller Anwendung der Zahnseide signifikant mehr Plaque in den Gingiva- als in den Kontaktpunktarealen vorlag.

In verschiedenen Studien (Cronin et al., 2005; Schiff et al., 2006; Terézhalmy et al., 2008; Roa López et al., 2021) wurde wie in der vorliegenden Studie ebenfalls gezeigt, dass die

habituelle Anwendung von Zahnseide zu einer signifikanten Reduktion der approximalen Plaque führt.

In einer Studie aus dem Jahr 2005 (Cronin et al., 2005) wurden 78 Personen zu zwei verschiedenen Zeitpunkten untersucht und zufällig in drei Gruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe wendete ungewachste Zahnseide an. Die zweite Gruppe nutze ein batteriebetriebenes Interdentalraumhygieneprodukt mit einem darauf aufgesteckten Zahnseidehalter, während die dritte Gruppe dieses Produkt mit einem darauf aufgesteckten Zahnhölzchen anwandte. Im ersten Termin wurde unter anderem der Plaque-Index erhoben, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen bestand. Nach 30 Tagen fand eine erneute Untersuchung statt und es wurde eine signifikante Reduktion des Plaque-Index für alle Gruppen festgestellt. Hierbei zeigten die ersten beiden Gruppen allerdings eine signifikant höhere Plaquereduktion als die dritte Gruppe.

Schiff et al. (Schiff et al., 2006) konnten in einer Studie zeigen, dass die Anwendung von Zahnseide in Kombination mit dem Zähneputzen zu einer numerischen Reduktion der dentalen Plaque führt. Hierfür untersuchten sie 114 Personen zu drei verschiedenen Zeitpunkten. Nach einer eingehenden Untersuchung auf Gingivitis und supragingivaler Plaque im ersten Termin wurden die Teilnehmer*innen ebenfalls zufällig in drei verschiedene Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe wendete Zahnseide in Kombination mit Zähneputzen an, während die zweite Gruppe keinerlei Interdentalraumhygieneprodukte anwendete. Die dritte Gruppe wendete ebenfalls Zahnseide an, benutzte beim Zähneputzen allerdings eine unterschiedliche Zahnpasta als die erste Gruppe. In diesem Termin erhielten die Teilnehmer*innen zusätzlich eine professionelle Zahnreinigung und wurden angewiesen, ausschließlich die ihnen zugewiesenen Produkte anzuwenden. Nach drei und sechs Monaten erfolgten eine zweite bzw. dritte Untersuchung. Die Teilnehmer*innen aus den ersten beiden Gruppen erzielten bessere Ergebnisse bei der Reduktion der Plaque und Verbesserung der Entzündungszeichen der Gingiva. Es wurde ein numerisch niedrigerer Gingivitis- und Plaque-Index bei den zwei Gruppen, die Zahnseide anwendeten, festgestellt.

In einer Studie aus dem Jahr 2008 (Terézhalmy et al., 2008) wurde die Plaquereduktion durch die Anwendung von Zahnseide mittels des RMNPI bewerteten. Hierfür wurden das Zahnputzverhalten und die Anwendung von Zahnseide an 25 Personen untersucht. In der Studie konnte gezeigt werden, dass die Anwendung von Zahnseide zusätzlich zur Anwendung einer Zahnbürste zu einer signifikant besseren Entfernung der approximalen Plaque führte. Dabei bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei untersuchten Zahnseidearten (ungewachst, „woven“ und „shred-resistant“). Mit Zahnseide wurde 16,4 – 26,0 % und mit dem in der Studie untersuchten PDICT („powered driven interdental cleaning devices“) 39,7 % mehr Plaque im Vergleich zur alleinigen Anwendung der Zahnbürste entfernt.

In einer weiteren Studie (Roa López et al., 2021) wurde ebenfalls die Reduktion der approximalen Plaque mittels Zahnseide untersucht. Hierfür wurden an 33 Personen die Unterschiede in der Effizienz von konventioneller und geknoteter Zahnseide untersucht. Zur Bewertung der Plaquereduktion wurde auch hier der RMNPI genutzt. Die Teilnehmer*innen reinigten die Gingivaareale (RMNPI-Areale: A-C) besser mit der geknoteten als mit der konventionellen Zahnseide. Die Plaque in diesen Arealen konnte dadurch auf 64,7 %, bzw. 57,5 % reduziert werden. Diejenigen, die Erfahrung mit Zahnseide hatten, reduzierten die Plaque signifikant besser als die Unerfahrenen (68,0 % gegenüber 58,5 % Reduktion). Für die zusätzlich beurteilten Areale A-I und die approximalen Areale A, C, D und F konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden.

In der vorliegenden Studie wurden neben den habituellen Effekten der Zahnseide auch die Effekte einer Instruktion untersucht. Dazu wurde in einem Video zunächst der Nutzen von Interdentalraumhygiene geschildert. Anschließend wurde die korrekte Anwendung des jeweiligen Produkts demonstriert. Die Kriterien für eine korrekte Anwendung der Zahnseide für diese Studie waren das Einfädeln der Zahnseide über den Kontaktpunkt in den Approximalraum, das c-förmige Umschlingen der Nachbarzähne und die anschließend durchgeführten vertikalen Reinigungsbewegungen. Gleiche Kriterien galten für das MediFloss®-System, mit Einschränkung des Umschlingens der Nachbarzähne. Dies ist

aufgrund der Starrheit des Systems nur eingeschränkt möglich. Die zwei von dieser Arbeitsgruppe eigens für die vorliegende Untersuchung erstellten Instruktionsvideos basieren auf den aktuellen wissenschaftlichen Standards.

Audiovisuelle Instruktionen sind schon früh beschrieben. In den bereits beschriebenen Studien von Radentz et al. (Radentz et al., 1973; Radentz et al., 1975) wird auf audiovisuelle Präsentationen als Instruktionsmethode hingewiesen. Diesen wird ein erhebliches Potential zugeschrieben, da die Teilnehmer*innen immer dieselbe Instruktion unabhängig von der behandelnden Person erhalten und die Instruktion somit keinen tagesabhängigen Schwankungen unterlegen ist. In der zweiten Studie aus dem Jahr 1975 wurden digitale Instruktionen in Gruppen untersucht. Dabei wurde nach Videoinstruktion an 94 % der Zähne die korrekte Anwendung von Zahnseide beobachtet, während die Kontrollgruppe, die keine Instruktion erhielt, die Zahnseide nur an 7,5 % der Zähne korrekt anwendete.

In der vorliegenden Studie wurde der Gesamt-PSPI nach Instruktion um etwa 14 % reduziert.

Dass durch Instruktion und Motivation bessere Reinigungsergebnisse erzielt werden können wird durch vorangegangene Studien (Ferrazzano et al., 2008; D'Cruz and Aradhya, 2013; Soldo et al., 2020; Londero et al., 2022) unterstützt. In einer Studie aus dem Jahr 2008 (Ferrazzano et al., 2008) wurde festgestellt, dass instruierte Kinder durch Motivation besser reinigen und daraus ein geringerer Plaqueindex resultiert. In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2013 (D'Cruz and Aradhya, 2013) wurde die Effektivität von Mundhygieneaufklärungen an 13- bis 15-jährigen Personen untersucht. Das aktive Einbinden der Teilnehmer*innen führte unter anderem zu einer Reduktion der Plaque. Diese Beobachtungen konnten 2020 in einer Studie mit 62 Personen, die ähnlich alt waren, bestätigt werden (Soldo et al., 2020), während in einer weiteren Studie auf die Möglichkeit verwiesen wird, dass die Anwendung von Plaquerevelatoren zu einer höheren Motivation der Teilnehmer*innen führen können (Oliveira et al., 2021). In einer aktuelleren Untersuchung aus dem Jahr 2022 (Londero et al., 2022) konnte wie auch in der vorliegenden

Studie gezeigt werden, dass die approximale Plaque durch habituelle Anwendung von Zahnseide reduziert wird. Londero et al. untersuchten hierfür an 75 volljährigen Personen die Effektivität der Reduktion der Plaque und Gingivitis bei Anwendung von Zahnseide. Es wurden Personen ohne klinischen Attachmentverlust und mit vollständig ausgebildeten Interdentalpapillen eingeschlossen. Die Teilnehmer*innen wurden zufällig in zwei Gruppen aufgeteilt. Die eine Gruppe wendete zusätzlich zur habituellen Mundhygiene einmal am Tag Zahnseide an, während die andere Gruppe ausschließlich ihre habituelle Mundhygiene fortführte. Die Teilnehmer*innen wurden über einen Zeitraum von zwei Monaten drei Mal untersucht und erhielten wöchentliche Mundhygieneinstruktionen. Darüber hinaus wurde die dentale Plaque in jedem Termin professionell entfernt. Hierbei wurden die den jeweiligen Gruppen zugewiesene Hilfsmittel angewendet. Am ersten Termin, nach einem und nach zwei Monaten wurde neben dem Entzündungszustand der Gingiva auch der Plaqueindex bestimmt. Nach einem Monat wurden sowohl eine Verbesserung der Entzündungsparameter als auch eine Reduktion der interdentalen Plaque beobachtet, wobei diejenigen, die zusätzlich Zahnseide anwendeten, bessere Ergebnisse bei der Reduktion der Plaque erzielten als die aus der anderen Gruppe. Diese Ergebnisse konnten innerhalb des zweiten Monats von niemandem aus den beiden Gruppen verbessert werden. Wenngleich digitale Instruktionen vielfach bevorzugt werden, konnte gezeigt werden, dass eine live-Instruktion ein fundierteres Wissen über den präsentierten Sachverhalt erzeugten, als Videoinstruktionen (Ramlogan et al., 2014).

In einer weiteren Studie aus dem Jahr 1991 (Kiger et al., 1991) wurde unter anderem untersucht, ob die Reinigung mit ungewachster Zahnseide in Kombination mit einer Zahnbürste zu Verbesserungen des Plaque-Index führt. Hierfür wurden 30 Personen in die Studie eingeschlossen. Die approximale Plaque wurde mit dem Plaque-Index nach Wolffe (Wolffe, 1976) bewerte, mit dem die Flächen unterhalb des Approximalkontaktes in vier Quadranten eingeteilt werden. Wenn in mindestens einem dieser vier Quadranten Plaque angefunden wird, wird dieser Teil der Approximalfläche mit dem Code 1 bewertet. Wenn die Quadranten plaquefrei sind, wird die jeweilige Fläche mit dem Code 0 be-

wertet. Die Teilnehmer*innen bekamen im ersten Termin eine professionelle Zahnreinigung, wurden zufällig einer von drei Gruppen zugeteilt und wurden über die korrekte Anwendung des ihnen jeweils zugewiesenen Produkts detailliert instruiert. Die erste Gruppe wendete ausschließlich eine Zahnbürste an, während die zweite Gruppe dieselbe Zahnbürste in Kombination mit ungewachster Zahnseide und die dritte Gruppe diese Zahnbürste in Kombination mit Interdentalbürsten anwendete. Anschließend reinigten die Teilnehmer*innen mit den ihnen zugewiesenen Produkten über einen Zeitraum von einem Monat. Nach dieser Zeit wurden die Teilnehmer*innen erneut untersucht, es erfolgte eine zweite professionelle Zahnreinigung und eine Instruktion zu einem der beiden anderen Produkte. Diese wurden anschließend wieder über einen Zeitraum von einem Monat angewendet. Dieselbe Abfolge wiederholte sich abschließend mit dem letzten Produkt. Insgesamt konnte beobachtet werden, dass der Gesamt-Plaque-Score nach der Anwendung von Zahnseide und Zahnbürste von 1,92 auf 1,71 reduziert werden konnte.

Wenngleich bessere Ergebnisse für die Plaquereduktion durch die Anwendung von Zahnseide antizipiert wurden, kann dennoch im Rahmen der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden, dass die Plaque bei der Anwendung von Zahnseide nach Instruktionen stärker reduziert wird. Damit schließt sich das Ergebnis dieser Studie vorangegangenen Studien an.

Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse aus der systematischen Übersichtsarbeit von Berchier et al. (Berchier et al., 2008). Darin wird beschrieben, dass die Anwendung von Zahnseide keinen zusätzlichen Effekt auf die Reduktion der dentalen Plaque hat. In der Übersichtsarbeit von Hujoel et al. (Hujoel et al., 2006) wird ebenfalls darauf verwiesen, dass die Anwendung von Zahnseide keinen positiven Effekt auf die Reduktion der approximalen Plaque hat, außer bei Kindern, bei denen das Kariesrisiko nach professioneller Anwendung der Zahnseide um 40 % reduziert werden konnte. Allerdings wird in dieser Arbeit auch hervorgehoben, dass das Vergleichen von Studien, die die Effektivität von Zahnseide untersuchen, aufgrund der zum Teil stark unterschiedlichen Versuchsaufbauten schwierig ist.

Somit besteht weiterhin keine Klarheit, ob gewachste Zahnseide das geeignetste Hilfsmittel für die Reinigung der Approximalflächen ist, da die in dieser Studie beobachtete Plaquereduktion hinter den Erwartungen zurückblieb und auch auf Grundlage der Ergebnisse verschiedener beschriebener Studien weiterhin keine uneingeschränkte Empfehlung für die Anwendung von gewachster Zahnseide ausgesprochen werden kann. Wie auch in der systematischen Übersichtsarbeit von Kotsakis et al. von 2018 (Kotsakis et al., 2018) beschrieben, besteht also weiterhin der Bedarf nach einer Alternative zu den herkömmlichen Interdentalraumhygieneprodukten.

Diese Alternativen werden seit Jahrzehnten untersucht. In verschiedenen Studien (Wong and Wade, 1985; Ong, 1990; Carr et al., 2000) werden beispielsweise unterschiedliche Zahnseidearten miteinander verglichen. So untersuchten Wong et al. (Wong and Wade, 1985) bereits 1985 die Effektivität der Plaquereduktion von Super-Floss und gewachster Zahnseide. Hierfür wurden 36 Personen im Alter von 26 bis 58 Jahren mit mindestens 40 approximalen Flächen in die Studie eingeschlossen, welche vor Beginn der Studie aufgrund von Parodontitis behandelt wurden. Im Rahmen dieser vorherigen Behandlung wurden sie über entsprechende Prophylaxemaßnahmen, wie der Anwendung und dem Nutzen von Zahnseide, aufgeklärt. Sie bekamen die Anwendung von beiden Produkten demonstriert und übten diese anschließend, bis sie sie korrekt nutzten. Diese korrekte Anwendung wurde wie für die vorliegende Studie definiert: Die jeweilige Zahnseide musste über den Kontaktpunkt in den Approximalraum geführt werden, in welchem mehrere Vertikalbewegungen an den mesialen und distalen Flächen durchgeführt werden mussten. Anschließend sollten die Teilnehmer*innen zwei Mal am Tag das ihnen zufällig zugewiesene Interdentalraumhygieneprodukt über einen Zeitraum von 14 Tagen anwenden. In einer zweiten Sitzung wurde Plaque mittels Plaquerevelator angefärbt. Als Grundlage zur Bewertung der Plaque wurde der Plaque-Index nach Wolffe (Wolffe, 1976) angewendet. Anschließend erfolgte die professionelle Entfernung der akkumulierten Plaque. Die Teilnehmer*innen bekamen das jeweils andere Interdentalraumhygieneprodukt ausgehändigt und wurden aufgefordert dieses Produkt erneut für 14 Tage anzuwen-

den. Nach der Anwendung von Super-Floss waren 50,1 % der Approximalflächen plaquefrei, während 45,3 % dieser Flächen durch die Anwendung von Zahnseide als plaquefrei bewertet wurden. Somit wurde im Rahmen dieser Studie gezeigt, dass die korrekte Anwendung von Zahnseide nach Instruktion zu einer Reduktion der Plaque auf den Approximalflächen führt. Dabei zeigte Super-Floss geringere bessere Effekte.

Der minimal bessere Effekt in der Plaquereduktion bei der Anwendung von Super-Floss reicht allerdings noch nicht aus, um eine suffiziente Reinigung der Approximalflächen zu erreichen. In einer Studie aus dem Jahr 1990 (Ong, 1990) wurde die Effektivität von drei verschiedenen Zahnseidearten untersucht. Dafür wurde die Anwendung und Effektivität von gewachster Zahnseide, „dental tape“ und Super-Floss an 24 Personen im Alter von 16 bis 35 Jahren mit mindestens 20 Zähnen und intaktem Parodont untersucht. Die Teilnehmer*innen wurden nach Instruktionen zu allen drei Zahnseidearten angewiesen, das ihnen zufällig zugewiesene Produkt einmal am Tag nach dem Zähneputzen anzuwenden. Dabei wurde mit dem Super-Floss in vestibulo-orale und mit den anderen zwei Zahnseidearten in zerviko-okklusale Richtung gereinigt. Der Plaquescore wurde nach sieben, 14 und 21 Tagen erhoben. Hierfür wurden die mesialen als auch die distalen Flächen sowohl bukkal als auch oral mit den Codes 0 oder 1 (plaquebedeckt und plaquefrei) bewertet. Die Teilnehmer*innen reduzierten den Plaquescore nach Anwendung des „dental tape“ auf 64,8 %. Durch die Anwendung von gewachster Zahnseide und Superfloss konnten die Werte auf 73,8 % bzw. 81,9 % gesenkt werden. Dabei wurde mit dem „dental tape“ signifikant effizienter gereinigt als mit Super-Floss. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Effizienz des „dental tape“ und der gewachsten Zahnseide und Super-Floss sowie der gewachsten Zahnseide konnte nicht beobachtet werden. Dennoch konnte nach Anwendung des „dental tape“ klinisch eine höhere Plaquereduktion beobachtet werden, als bei den anderen zwei Zahnseidearten.

Carr et al. (Carr et al., 2000) untersuchten, ähnlich wie Terézhalmy et al. (Terézhalmy et al., 2008), die Effizienz von gewachster, ungewachster, „woven“ und „shred-resistant“ Zahnseide. Jeder der 24 Studierenden wurde zufällig eine dieser Zahnseidearten zugeteilt. Alle Teilnehmer*innen bekamen im ersten Termin Instruktionen und die dentale Plaque

wurde professionell entfernt. Anschließend setzten sie die gesamte Mundhygiene für drei Tage aus. Am vierten Tag wurde der O´Leary-Plaque-Index erhoben und die Teilnehmer*innen wurden anschließend aufgefordert eines der ihnen zufällig zugewiesenen Produkte anzuwenden. Nach durchgeführter Anwendung wurde ein zweiter Plaque-Index nach O´Leary erhoben. Die größte Reduktion der approximalen Plaque wurde nach Anwendung der gewachsten Zahnseide beobachtet (68,8 % plaquefreie Areale). Ein signifikanter Unterschied zwischen den vier Zahnseidearten konnte allerdings nicht beobachtet werden.

Das MediFloss®-System ist eine weitere neue Alternative. Die Reduktion des Gesamt-PSPI nach habitueller Anwendung betrug 6 %. Nach Instruktion verbesserte sich die Effektivität auf 13 %. Dabei konnten allerdings nach Anwendung beider Systeme keine signifikanten Unterschiede in der Plaquereduktion nach habitueller Anwendung und Instruktion beobachtet werden.

6.4.2 Flächenbezogene Betrachtung der Ergebnisse

Bislang wurde der PSPI-Gesamtwert betrachtet, es ist jedoch gut vorstellbar, dass die Areale des Zahnbogens ja nach Lokalisation unterschiedlich effektiv erreicht werden. Naheliegend ist zunächst, dass aufgrund einer besseren visuellen Kontrolle die posterioren Interdentalräume weniger gut erreicht werden als die anterioren. Es ist aber auch vorstellbar, dass distale Bereiche zumindest bei den Seitenzähnen besser erreicht werden als mesiale, da das Anlegen der Zahnseide hier mit einer nach vorn gerichteten Bewegung erfolgt und dadurch mehr Kraft bei der Durchführung der Vertikalbewegungen angewendet werden kann. Auch könnten bukkale Areale besser erreicht werden als orale, da auch hier die Bewegungsrichtung eine Rolle spielen könnte. Nicht zuletzt teilt sich das Anwendungsgebiet von Zahnseide in einen mehr subgingivalen Bereich und einen Bereich, der direkt unter dem Kontaktpunkt gelegen ist. Bislang ist über lokale Unterschiede in der Effektivität von Zahnseide jedoch wenig bekannt.

Vor habitueller Anwendung der Zahnseide lag mehr Plaque in den distalen als in den mesialen Arealen vor. Nach der habituellen Anwendung reduzierte sich der PSPI bukkal um etwa 7 %, oral dagegen um etwa 12 %. In den mesialen und distalen Bereichen wurde die Plaque um ungefähr 10 % reduziert. Es konnte auch beobachtet werden, dass vor habitueller Anwendung der Zahnseide signifikant mehr Plaque in den Gingiva- als in den Kontaktpunktarealen vorlag. Nach der habituellen Anwendung wurde die Plaquemenge im Kontaktpunktareal um 13 % und im Gingivaareal um 6 % reduziert.

Die bukkalen und oralen Flächen wurden nach Instruktion besser gereinigt. Es wurde eine Reduktion der Plaque um 14 % an den bukkalen und um 11 % an den oralen Flächen beobachtet. Die mesialen und distalen Areale zeigten eine ähnliche Verbesserung der Plaquereduktion um etwa 16 % bzw. 12 %.

In der Studie von Wong et al. (Wong and Wade, 1985) wurden neben der Betrachtung der Gesamt-Plaque-Scores ebenfalls die bukkalen, oralen, mesialen und distalen Areale beurteilt. Als Grundlage zur Bewertung der Plaque wurde der Plaque-Index nach Wolffe (Wolffe, 1976) angewendet. Die Teilnehmer*innen reinigten bei der Anwendung der Zahnseide die oralen Areale schlechter als die bukkalen (Plaque-Index: 0,82 bzw. 0,58). Die distalen Areale wurden hingegen besser gereinigt als die mesialen (1,18 bzw. 1,60). Bei allen Teilnehmer*innen wurde eine bessere Reinigung aller Areale mit Super-Floss beobachtet ($p < 0,01$). Ong et al. (Ong, 1990) untersuchten unter anderem ebenfalls die bukkalen und oralen Areale nach Anwendung von Zahnseide. Hierbei wurde in der Eingangsuntersuchung Plaque auf 711 bukkalen und 961 oralen Flächen angefunden. Nach Anwendung der Zahnseide verringerten sich diese Werte auf 475 bzw. 751 Flächen. Das entspricht einer Reduktion von etwa 33,2 % bzw. 21,9 %.

In der Studie von Wolffe (Wolffe, 1976) konnte gezeigt werden, dass die Teilnehmer*innen die mesialen und bukkalen Approximalflächen besser reinigten als die distalen und oralen. Im Rahmen der Untersuchung wurden 35 Personen im Alter zwischen 19 und 54 Jahren vier Mal untersucht. Im ersten Termin wurden die Plaque mittels eines Plaquerevelators sichtbar gemacht. Anschließend wurde die An- (Code 0) oder Abwesenheit

(Code 1) von Plaque dokumentiert und die Summe dieser Codes gebildet: Konnte auf einer Approximalfläche in allen vier Quadranten Plaque nachgewiesen werden, wurde diese Fläche durch die Summe 4 beschrieben. Den Teilnehmer*innen wurde demonstriert, auf welchen Flächen Plaque vorlag. Diese wurde anschließend professionell entfernt. Abschließend erfolgte eine Instruktion für das Interdentalraumhygieneprodukt, welches den Teilnehmer*innen randomisiert zugewiesen wurde. Eines dieser Produkte war gewachste Zahnseide. Die Teilnehmer*innen wurden angewiesen, die drei Produkte über getrennte Zeiträume von jeweils einer Woche morgens und abends anzuwenden. Dabei konnte beobachtet werden, dass die mesialen und bukkalen Approximalflächen (555 bzw. 532 plaquebedeckte Areale) besser gereinigt wurden als die distalen und oralen (587 bzw. 610).

In einer weiteren Untersuchung aus demselben Jahr (Schmid et al., 1976) wurde untersucht, inwiefern die Anwendung von Zahnseide nach Instruktion zu einer Reduktion der Plaque führt. Hierfür wendeten sieben der 21 parodontal gesunden Patientinnen ungewachste Zahnseide über einen Zeitraum von einer Woche an. Zu Beginn erfolgte eine Instruktion zur korrekten Anwendung der Zahnseide, welche als mehrmalige Vertikalbewegungen zwischen höchstem Punkt der Interdentalpapille und Kontaktpunkt auf den Approximalflächen festgelegt wurde. Anschließend wurden die Patientinnen aufgefordert, ihre habituelle Mundhygiene durchzuführen. Zur Bewertung der verbliebenden Plaque wurde der „Cervical Plaque Index“ (CPI) genutzt. Mit diesem Index wird die Plaque an sechs verschiedenen Stellen am Zahn in fünf unterschiedliche Grade eingeteilt. Grad 0 beschreibt eine komplett plaquefreie Fläche von der mesialen bis zur distalen Interdentalpapille, bei der sowohl die Approximalflächen sowie der zervikale Anteil des Zahns mit beurteilt werden. Grad 1 beschreibt eine dünne, maximal 1 mm korono-zervikale Plaqueanlagerung, wohingegen die Plaque bei Grad 2 eine größere Ausdehnung als 1 mm misst. Mit Grad 3 wird eine dickere, maximal 1 mm hohe und mit Grad 4 eine dicke Plaqueanlagerung beschrieben, die in ihrer Höhe größer als 1 mm ist. Zu Beginn lag der durchschnittliche CPI-Wert auf den bukko-oralen Flächen bei 0,6 und auf den approxi-

malen Flächen bei 0,9. Die Teilnehmer*innen wurden anschließend über die Grundkenntnisse zur Plaque, Gingivitis und Karies aufgeklärt und die Anwendung des jeweiligen Produktes wurde demonstriert. Die erste Gruppe reinigte die Zähne mit einer Zahnbürste, die zweite Gruppe wendete ungewachste Zahnseide an, während die dritte Gruppe ein Zahnhölzchen mit Griff benutzte. Abschließend erfolgte eine individuelle Demonstration des jeweiligen Produkts im Mund der Patientinnen. Sie wurden angewiesen, das ihnen zugeteilte Mundhygieneprodukt einmal am Tag für 12 Tage zu nutzen. Nach drei und fünf Tagen wurde die korrekte Anwendung des zugewiesenen Produkts überprüft. Nach 12 Tagen wurde die Plaque durch eine professionelle Zahnreinigung beseitigt und die Patientinnen wurden angewiesen, die komplette Mundhygiene für zwei Tage auszusetzen. Nach diesen zwei Tagen wurde die Plaque vor und nach Anwendung des jeweiligen Produkts dokumentiert. Vor Anwendung betrug der durchschnittliche CPI-Wert 1,5 auf den bukko-oralen Flächen und bei 2,3 auf den Approximalflächen. Nach Anwendung wurde die Plaque mit der Zahnseide auf den Bukkalflächen um 36 % reduziert werden. Auf den lingualen Flächen wurde die Plaque nach Anwendung der Zahnseide um 43 % reduziert. Die Plaque auf den bukkalen Approximalflächen wurde um 65 % reduziert, während die Reduktion auf den oralen Approximalflächen nach Anwendung der Zahnseide 55 % betrug. Dabei zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den bukko-oralen Anteilen des Zahnes und den Approximalflächen. Abschließend wurden die Patientinnen aufgefordert, die jeweils zwei anderen Produkte anzuwenden. Dadurch konnte die Plaque auf den bukkalen Flächen um 90 % und auf den oralen Flächen um 94 % reduziert werden, während die Plaquereduktion auf den bukkalen Approximalflächen 87 % und auf den lingualen Approximalflächen 89 % betrug. Acht der 21 Patientinnen konnten nach Anwendung aller drei Produkte den CPI auf 0,0 reduzieren.

In einer weiteren Studie aus dem Jahr 1974 (Bergenholtz et al., 1974) wurde unter anderem die Effizienz verschiedener Interdentalraumhygieneprodukte miteinander verglichen. Dafür wendeten 23 Personen über einen Zeitraum von jeweils zwei Wochen eines der jeweils fünf Produkte in Kombination mit einer Handzahnbürste an. Diese Produkte waren gewachste Zahnseide, drei- und viereckige sowie runde Zahnhölzchen und eine

Handzahnbürste. Die Teilnehmer*innen wurden zu jedem neuen Zeitraum für das jeweilige Produkt instruiert. Die Plaque wurde mittels des Plaque-Index nach Silness & Löe (Silness and Löe, 1964) an zehn verschiedenen Stellen am Zahn dichotom bewertet. Dabei wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Produkten an den bukkalen und oralen sowie an den bukko-axialen Flächen beobachtet. Im Gegensatz zu den Zahnhölzchen mit rundem und viereckigem Querschnitt, mit welchen die Plaque ausschließlich an den bukkalen Flächen suffizient reduziert werden konnte, wurde mit der Zahnseide und dem dreieckigen Zahnhölzchen die Plaque sowohl an den bukkalen als auch oralen Flächen reduziert.

Bergenholtz et al. konnten in einer zweiten Untersuchung sechs Jahre später (Bergenholtz and Brithon, 1980) unter anderem zeigen, dass die Anwendung von Zahnseide zu einer signifikant höheren Reduktion der Plaque auf den Approximalflächen führte als ein Zahnhölzchen. Dabei wurde eine höhere Reduktion auf den distalen als auf den mesialen Flächen an Molaren und Prämolaren nach Anwendung von Zahnseide beobachtet. Es konnte kein solch signifikanter Unterschied im Bereich der Eck- oder Frontzähne beobachtet werden. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Plaque mit ungewachster Zahnseide geringfügig besser reduziert wurde, als mit gewachster. Der Studienaufbau ähnelt dem der vorangegangenen Untersuchung (Bergenholtz et al., 1974). Für die Untersuchung wurden 10 Personen eingeschlossen, die über Zeiträume von jeweils zwei Wochen sechs verschiedene Interdentalraumhygieneprodukte anwendeten. Es erfolgten ebenfalls individuelle Instruktionen aller Teilnehmer*innen zu den jeweiligen Produkten und eine professionelle Entfernung der Plaque vor jedem Wechsel des Interdentalraumhygieneprodukts. Die Plaque wurden nach dem beschriebenen Muster bewertet.

Nach Instruktion wurde die Plaque in der vorliegenden Studie in den Kontaktpunkt- und Gingivaarealen um 16 % bzw. 13 % entfernt.

In den Studien von Wolffe et al. und Wong et al. (Wolffe, 1976; Wong and Wade, 1985) wurde zusätzlich zur Betrachtung der bereits beschriebenen Flächen eine Einteilung und Beurteilung der koronalen und apikalen Hälften der Zähne vorgenommen. Dabei wurde

in beiden Untersuchungen wie in der vorliegenden Studie festgestellt, dass bei Anwendung von Zahnseide die koronalen (Kontaktpunkt-) Areale besser gereinigt wurden, als die apikalen (Gingiva-) Areale (Plaque-Index: 0,87 bzw. 1,17 (Wolffe, 1976) bzw. 0,59 bzw. 0,89 (Wong and Wade, 1985)).

Es konnten weder für die bukkalen und oralen noch mesialen und distalen Flächen und die Kontaktpunkt- und Gingivaareale signifikante Unterschiede in der Plaquereduktion nach habitueller Anwendung und Instruktion beider Systeme beobachtet werden.

MediFloss® schnitt bei der Reinigung der bukkalen und oralen sowie der mesialen und distalen Flächen nicht signifikant besser ab als Zahnseide. Dasselbe gilt für die Plaquereduktion nach Anwendung des Systems auf den Kontaktpunkt- und Gingivaarealen.

In früheren Studien, in welchen ebenfalls Alternativen zu konventioneller Zahnseide untersucht wurden (Kleber and Putt, 1988; Pucher et al., 1995), konnte festgestellt werden, dass mit einem Halter, in den die Zahnseide eingespannt wird, ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Plaquereduktion auf den Approximalflächen erzielt wurden, wie mit der konventionellen Zahnseide (Kleber and Putt, 1988). In der Untersuchung von Pucher et al. (Pucher et al., 1995) wurde die Effektivität des sogenannten „Floss Plus easy flosser“ untersucht, welcher in seinem Aufbau dem MediFloss®-System ähnelt. Allerdings handelt es sich nicht um ein Ringsystem, sondern um einen Halter, der in seiner Form einer Handzahnbürste ähnelt. Die Zahnseide wird in diesem Griff aufgespannt und kann bei Bedarf ausgewechselt werden. Das Funktionsende des Produkts öffnet sich y-förmig, wobei sich zwischen den zwei Armen die Zahnseide befindet, mit welcher die Interdentalräume gereinigt werden können. Für die Untersuchung wurde an insgesamt 62 Personen in zwei Durchgängen unter anderem die Plaquereduktion an den Approximalflächen beurteilt. Dafür wurden die beiden Gruppen jeweils in zwei Untergruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe nutzte konventionelle Zahnseide, während die zweite Gruppe den „Floss Plus easy flosser“ anwendete. Im ersten Termin wurde neben der Ermittlung des Plaque-Index auch ein Gingiva-Index erhoben. Dieses Vorgehen wurde nach einer und nach

sechs Wochen wiederholt. Dabei erreichten alle Gruppen eine numerisch verbesserte interdentale Plaquereduktion, wobei jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den zwei jeweiligen Methoden bestand.

MediFloss® stellt eine von Zahnseide sehr unterschiedliche Anwendungsform dar. Durch die Halterung und die Fingerführung mit zwei seitlichen Flügeln kann die Zahnseide zwar einfacher in den Interdentalraum eingebracht werden, allerdings ist der Halter relativ groß, so dass manche Bewegungen eingeschränkt sein könnten. Außerdem ist ein Aufbissstopp vorgesehen, der Verletzungen der Gingiva vorbeugen soll, der aber auch die tiefere subgingivale Führung der Zahnseide behindern kann. Es ist also gut vorstellbar, dass sich auch für die Anwendung dieses Systems regional unterschiedliche Effekte zeigen können, die möglicherweise andere sind, als die nach Anwendung des konventionellen Produkts.

Insgesamt stellten sich die Effekte jedoch sehr ähnlich wie die für Zahnseide dar. Ein signifikanter Unterschied nach Anwendung von MediFloss® und Zahnseide wurde an keiner der bewerteten Flächen beobachtet.

6.5 Schlussfolgerung und Ausblick

Durch die Ergebnisse dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Anwendung beider Systeme den PSPI-Wert sowohl bei habitueller Anwendung als auch nach Instruktion signifikant verringern konnte. MediFloss® zeigte dabei keine besseren Ergebnisse als Zahnseide. Allerdings überraschte die Tatsache, dass die Plaquereduktion durch die Anwendung von Zahnseide auch nach Instruktion weit ineffektiver war als angenommen.

Trotz der hinter den Erwartungen zurückbleibenden Ergebnisse bei der Anwendung von Zahnseide wurde eine Plaquereduktion auf den Approximalflächen der untersuchten Zähne beobachtet. Somit schließen sich die Ergebnisse dieser Studie denen an, die ebenfalls eine Verbesserung der Plaquereduktion durch die Anwendung von Zahnseide beschreiben. Auf Grundlage der in der vorliegenden Studie gewonnenen Ergebnisse kann

deshalb weiterhin eine Empfehlung für die Anwendung von Zahnseide ausgesprochen werden. Dieses Ergebnis steht im Kontrast zu Studien, in denen die die Anwendung von Zahnseide als generell ineffektiv beschrieben wird.

Das MediFloss®-System wurde zum Zeitpunkt dieser Studie von keiner anderen Arbeitsgruppe untersucht, weshalb keinerlei Daten zum Vergleich vorliegen. Um die Effektivität des Systems besser bewerten und vergleichen zu können, bedarf es weiterer Studien.

Wie in der Studie von Ramlogan et al. (Ramlogan et al., 2014) beschrieben wurde, besteht ein Unterschied in der Effektivität zwischen live- und Video-Instruktionen. Somit besteht auch hier ein weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Unterschiede zwischen diesen zwei Methoden. Auf Grundlage dieser Ergebnisse können dann evidenzbasierte Empfehlungen ausgesprochen werden, um das Mundhygieneverhalten zu verbessern.

Da in der vorliegenden Studie Proband*innen mit Restaurationen in den Approximalräumen sowie prothetischen Versorgungen und kieferorthopädischen Apparaturen ausgeschlossen wurden, können die Ergebnisse dieser Studie nicht problemlos auf andere Personengruppen übertragen werden. So ist weiterhin nicht geklärt, welchen Einfluss verschiedene Restaurationsmaterialien auf die Plaqueakkumulation und die Reinigungsfähigkeit haben und ob Zahnseide auch bei Personen mit kieferorthopädischen Apparaturen hilfreich sein kann. Weiterhin wurden in diese Studie ausschließlich gesunde, junge Erwachsene eingeschlossen. Diese wiesen in ihrer Zahnmorphologie keinerlei maßgebliche Defekte auf. In vorangegangenen Studien (Withers et al., 1981; Smukler et al., 1989; Hou and Tsai, 1997; Da Albaricci et al., 2008) wurde bereits der Zusammenhang zwischen solch verschiedenen Defekten in der Morphologie und einer damit einhergehenden höheren Plaqueakkumulation beschrieben. Um eine universelle Aussage zur Effektivität von Zahnseide und MediFloss® im Hinblick auf diese Umstände formulieren zu können, sollten weitere Untersuchungen auch an anders charakterisierten Personengruppen durchgeführt werden.

7. Zusammenfassung

Durch die Kolonisation von Mikroorganismen entwickelt sich das auf den Zahnoberflächen anheftende Pellikel zur dentalen Plaque. Diese kann durch verschiedene Mundhygieneprodukte reduziert werden. Bei der Entfernung der Plaque auf den Approximalflächen der Zähne kommt unter anderem Zahnseide zum Einsatz. Da die Handhabung der Zahnseide von vielen Menschen als schwierig empfunden wird und der klinische Nutzen von Zahnseide weiterhin diskutiert wird, werden anwenderfreundlichere Alternativen angeboten, mit denen auch eine höhere Plaquereduktion auf den Approximalflächen erzielt werden soll. Eine dieser Alternativen ist MediFloss®.

Ziel der vorliegenden klinischen cross-over Interventions- und Beobachtungsstudie war daher zu untersuchen, ob mit MediFloss® im Vergleich zu konventioneller Zahnseide bereits nach kurzer Anleitung und einer Videoinstruktion mehr Interdentalräume, eine bessere Technik und Systematik erreicht werden und auf den Approximalflächen mehr Plaque entfernt wird. Die vorliegende Arbeit umfasst die Quantifikation von Plaque auf Intraoralscans vor und nach habitueller sowie instruierter Anwendung von Zahnseide und MediFloss®.

In die vorliegende Studie wurden 37 Proband*innen eingeschlossen. Dabei wurde die Anwendung von Zahnseide beziehungsweise MediFloss® nach habitueller Anwendung und nach Instruktion auf den Approximalflächen der Ramfjord-Zähne untersucht. Hierfür wurde ein von dieser Arbeitsgruppe neu entwickelter Plaqueindexwert (**P**roximal **S**urface **P**laque **I**ndex, PSPI) genutzt, mit dem die Approximalflächen in jeweils vier Areale ober- und unterhalb der Interdentalpapille eingeteilt werden und die Plaquemenge mit drei Graden bewertet wird. Die Erfassung der Plaque erfolgte mit dem Intraoralscanner *Carestream CS 3800.*

Die Anwendung beider Systeme konnte den Gesamt-PSPI sowohl bei habitueller Anwendung als auch nach Instruktion verringern. Durch die habituelle Anwendung der Zahnseide reduzierte sich der Gesamt-PSPI um etwa 8 %, durch die von MediFloss® um etwa

6 %. Nach der Instruktion verbesserte sich die Effektivität beider Anwendungen, es fanden sich Reduktionen des PSPI von etwa 14 % bzw. 13 %. MediFloss® zeigte dabei keine besseren Ergebnisse als Zahnseide. Durch die habituelle Anwendung der Zahnseide reduzierte sich der PSPI im Kontaktpunktareal um etwa 13 %, im Gingivaareal jedoch nur um etwa 6 %. Nach Instruktion fanden sich Verbesserungen von etwa 16 % bzw. 13 %. Für MediFloss® fanden sich nach habitueller Anwendung in beiden Arealen Verbesserungen von etwa 6 % und nach Instruktion von etwa 13 % im Kontaktpunkt- und 12 % im Gingivaareal. Es zeigte sich in den Kontaktpunktarealen eine effektivere Reduktion der Plaque durch die habituelle Anwendung ($p = 0,024$) von Zahnseide als auch nach Instruktion ($p = 0,050$), als im Gingivaareal. Für die Anwendung von MediFloss® fanden sich für die beiden Areale dagegen keine signifikanten Unterschiede (habituell: $p = 0,810$; nach Instruktion: $p = 0.183$). Die habituelle Anwendung von Zahnseide war oral effektiver als bukkal ($p = 0,024$), jedoch nicht mehr nach Instruktion ($p = 0,694$). Für MediFloss® fanden sich umgekehrte Effekte: nach habitueller Anwendung war MediFloss® bukkal und oral ähnlich effektiv ($p = 0,895$), nach Instruktion wurden die oralen Areale dagegen effektiver gereinigt als die bukkalen ($p = 0,010$). Die Anwendung beider Systeme konnte den PSPI-Wert sowohl bei habitueller Anwendung als auch nach Instruktion in beiden Arealen jedoch verringern. Durch die habituelle Anwendung der Zahnseide reduzierte sich der PSPI bukkal um etwa 7 %, oral dagegen um etwa 12 %. Nach Instruktion fanden sich Verbesserungen von etwa 14 % bzw. 11 %. Für MediFloss® fanden sich nach habitueller Anwendung Verbesserungen von etwa 6 % in den bukkalen und von 8 % in den oralen Arealen; nach Instruktion lagen die entsprechenden Werte bei 13 % bzw. 14 %. Für die habituelle Anwendung von Zahnseide fand sich kein Unterschied in Bezug auf die Effektivität der Reinigung der mesialen und distalen Areale ($p = 0,286$), ebenso für MediFloss® ($p = 0,057$). Auch nach Instruktion wurden die mesialen Flächen nicht effektiver gereinigt als die distalen (Zahnseide: $p = 0,759$; MediFloss®: $p = 0,729$). Die Anwendung beider Systeme konnte den PSPI-Wert sowohl bei habitueller Anwendung als auch nach Instruktion in beiden Arealen jedoch verringern. Durch die habituelle Anwendung der Zahnseide reduzierte sich der PSPI sowohl mesial als auch distal um etwa

10 %. Nach Instruktion fanden sich in mesialen Arealen Verbesserungen von etwa 16 % und in distalen um etwa 12 %. Für MediFloss® fanden sich nach habitueller Anwendung Verbesserungen von etwa 6 % in den mesialen und von 5 % in den distalen Arealen; nach Instruktion lagen die entsprechenden Werte bei 13 % bzw. 11 %.

Durch Anwendung beider Systeme konnte der PSPI-Wert somit sowohl nach habitueller Anwendung als auch nach Instruktion signifikant verringert werden. MediFloss® zeigte dabei keine besseren Ergebnisse als Zahnseide. Obwohl die Plaquereduktion nach der Anwendung von Zahnseide geringer war als antizipiert, stimmen die Ergebnisse dieser Studie mit anderen Untersuchungen überein, in denen ebenfalls eine Plaquereduktion auf den Approximalflächen beobachtet wurde. Weiterhin konnte in der vorliegenden Studie bestätigt werden, dass Instruktionsvideos ein geeignetes Mittel sind, um die Effektivität der Plaquereduktion in den Approximalräumen zu erhöhen.

8. Summary

Due to the colonization of microorganisms, the pellicle adhering to the tooth surface develops into dental plaque. This dental plaque be reduced using various oral hygiene products. Dental floss is one of the products used to remove plaque from the approximal surfaces of the teeth. As many people find flossing difficult to handle and the clinical benefits of flossing are still being debated, more user-friendly alternatives are being offered, which are also intended to achieve greater plaque reduction on the approximal surfaces. One of these alternatives is MediFloss®.

The aim of this clinical cross-over interventional and observational study was therefore to investigate whether the subjects clenead more interdental spaces and developed a better technique and cleaning system with MediFloss® and if the subjects remove more plaque from the proximal surfaces compared to conventional dental floss after just a short period of instruction and video instruction. The present study includes the quantification of plaque on intraoral scans before and after habitual and instructed use of dental floss and MediFloss®.

38 test subjects were included in this study. The use of dental floss or MediFloss® was examined after habitual use and after instruction on the proximal surfaces of the Ramfjord teeth. For this purpose, a by this working group newly developed plaque index (**P**roximal **S**urface **P**laque **I**ndex, PSPI) was used, with the help of which the proximal surfaces are divided into four areas above and below the interdental papilla and the plaque quantity is assessed with three grades. The plaque was recorded using the *Carestream CS 3800* intraoral scanner.

The subjects were able to reduce the overall PSPI both after habitual use and after instruction by using both systems. The habitual use of dental floss reduced the overall PSPI by approximately 8 %, while the use of MediFloss® reduced it by approximately 6 %. After instruction, the effectiveness of both applications improved, with reductions in PSPI of approximately 14 % and 13 % respectively. MediFloss® did not show better results than dental floss. The habitual use of dental floss reduced the PSPI in the contact point area by

approximately 13 %, but only by approximately 6 % in the gingival area. After instruction, improvements of approximately 16 % and 13 % were found. For MediFloss®, improvements of approximately 6 % were found in both areas after habitual use and approximately 13 % in the contact point area and 12 % in the gingival area after instruction. There was a more effective reduction of plaque in the contact point areas than in the gingival areas after using dental floss habitually ($p = 0.024$) and after instruction ($p = 0.050$). In contrast, no significant differences were found between the two areas for the use of MediFloss® (habitual: $p = 0.810$; after instruction: $p = 0.183$). The habitual use of dental floss was more effective orally than buccally ($p = 0.024$), but no longer after instruction ($p = 0.694$). Reverse effects were found for MediFloss®: after habitual use, MediFloss® was similarly effective buccally and orally ($p = 0.895$), but after instruction, the oral areas were cleaned more effectively than the buccal areas ($p = 0.010$). However, after using both systems the subjects were able to reduce the PSPI value in both areas, both after habitual use and after instruction. The habitual use of dental floss reduced the PSPI buccally by approximately 7 % and orally by approximately 12 %. After instruction, improvements of approximately 14 % and 11 % were found. For MediFloss®, improvements of approximately 6 % in the buccal and 8 % in the oral areas were found after habitual use; after instruction, the corresponding values were 13 % and 14 %. No difference was found for the habitual use of dental floss in terms of the effectiveness of cleaning the mesial and distal areas ($p = 0.286$), nor for MediFloss® ($p = 0.057$). Even after instruction, the mesial areas were not cleaned more effectively than the distal areas (dental floss: $p = 0.759$; MediFloss®: $p = 0.729$). However, after using both systems the subjects were able to reduce the PSPI value in both areas, both after habitual use and after instruction. The habitual use of dental floss reduced the PSPI both mesially and distally by approximately 10 %. After instruction, improvements of approximately 16 % were found in mesial areas and approximately 12 % in distal areas. For MediFloss®, improvements of approximately 6 % in the mesial and 5 % in the distal areas were found after habitual use; after instruction, the corresponding values were 13 % and 11 % respectively.

Using both systems significantly reduced the PSPI value both after habitual use and after instruction. MediFloss® did not show better results than dental floss. Although plaque reduction after flossing was lower than anticipated, the results of this study are consistent with other studies in which plaque reduction on the proximal surfaces was also observed. Furthermore, the present study confirmed that instruction videos are a suitable tool for increasing the effectiveness of plaque reduction in the approximal spaces.

9. Literaturverzeichnis

1. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. Eur J Prosthodont Restor Dent 2018; 26(3): 101–21.

2. Addy M, Slayne MA, Wade WG. The formation and control of dental plaque--an overview. J Appl Bacteriol 1992; 73(4): 269–78.

3. Aggarwal R, Ranganathan P. Study designs: Part 4 - Interventional studies. Perspect Clin Res 2019; 10(3): 137–9.

4. Axelsson P, Nyström B, Lindhe J. The long-term effect of a plaque control program on tooth mortality, caries and periodontal disease in adults. Results after 30 years of maintenance. J Clin Periodontol 2004; 31(9): 749–57.

5. Berchier CE, Slot DE, Haps S, van der Weijden GA. The efficacy of dental floss in addition to a toothbrush on plaque and parameters of gingival inflammation: a systematic review. Int J Dent Hyg 2008; 6(4): 265–79.

6. Bergenholtz A, Bjorne A, Vikström B. The plaque-removing ability of some common interdental aids. An intraindividual study. J Clin Periodontol 1974; 1(3): 160–5.

7. Bergenholtz A, Brithon J. Plaque removal by dental floss or toothpicks. An intraindividual comparative study. J Clin Periodontol 1980; 7(6): 516–24.

8. Block PL, Lobene RR, Derdivanis JP. A two-tone dye test for dental plaque. J Periodontol 1972; 43(7): 423–6.

9. Bonten TN, Siegerink B, van der Bom JG. Cross-overstudies. Ned Tijdschr Geneeskd 2013; 157(3): A5542.

10. Bothwell LE, Greene JA, Podolsky SH, Jones DS. Assessing the Gold Standard--Lessons from the History of RCTs. N Engl J Med 2016; 374(22): 2175–81.

11. Carr MP, Rice GL, Horton JE. Evaluation of floss types for interproximal plaque removal. Am J Dent 2000; 13(4): 212–4.

12. Chapple ILC, van der Weijden F, Doerfer C, Herrera D, Shapira L, Polak D, et al. Primary prevention of periodontitis: managing gingivitis. J Clin Periodontol 2015; 42 Suppl 16: S71-6.

13. Cronin MJ, Dembling WZ, Cugini M, Thompson MC, Warren PR. A 30-day clinical comparison of a novel interdental cleaning device and dental floss in the reduction of plaque and gingivitis. J Clin Dent 2005; 16(2): 33–7.

14. Da Albaricci MFC, Toledo BEC de, Zuza EP, Gomes DAS, Rosetti EP. Prevalence and features of palato-radicular grooves: an in-vitro study. J Int Acad Periodontol 2008; 10(1): 2–5.

15. D'Cruz AM, Aradhya S. Impact of oral health education on oral hygiene knowledge, practices, plaque control and gingival health of 13- to 15-year-old school children in Bangalore city. Int J Dent Hyg 2013; 11(2): 126–33.

16. Edlund P, Bertl K, Pandis N, Stavropoulos A. Efficacy of power-driven interdental cleaning tools: A systematic review and meta-analysis. Clin Exp Dent Res 2023; 9(1): 3–16.

17. Fehr FR von der, Löe H, Theilade E. Experimental caries in man. Caries Res 1970; 4(2): 131–48.

18. Ferrazzano GF, Cantile T, Sangianantoni G, Ingenito A. Effectiveness of a motivation method on the oral hygiene of children. Eur J Paediatr Dent 2008; 9(4): 183–7.

19. Gallagher IH, Fussell SJ, Cutress TW. Mechanism of action of a two-tone plaque disclosing agent. J Periodontol 1977; 48(7): 395–6.

20. Ganss C, Schlueter N, Preiss S, Klimek J. Tooth brushing habits in uninstructed adults--frequency, technique, duration and force. Clin Oral Invest 2009; 13(2): 203–8.

21. Giese-Kraft K, Jung K, Schlueter N, Vach K, Ganss C. Detecting and monitoring dental plaque levels with digital 2D and 3D imaging techniques. PLoS One 2022; 17(2): e0263722.

22. Goldberg P, Matsson L, Anderson H. Partial recording of gingivitis and dental plaque in children of different ages and in young adults. Community Dent Oral Epidemiol 1985; 13(1): 44–6.

23. Hou GL, Tsai CC. Clinical significance of tooth morphology correlated with periodontal disease-I. Kaohsiung J Med Sci 1997; 13(4): 200–12.

24. Hujoel PP, Cunha-Cruz J, Banting DW, Loesche WJ. Dental flossing and interproximal caries: a systematic review. J Dent Res 2006; 85(4): 298–305.

25. Husseini A, Slot DE, van der Weijden GA. The efficacy of oral irrigation in addition to a toothbrush on plaque and the clinical parameters of periodontal inflammation: a systematic review. Int J Dent Hyg 2008; 6(4): 304–14.

26. Jordan AR, Micheelis W, Cholmakow-Bodechtel C. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV, 2016. 617 p.

27. Jung K, Giese-Kraft K, Fischer M, Schulze K, Schlueter N, Ganss C. Visualization of dental plaque with a 3D-intraoral-scanner-A tool for whole mouth planimetry. PLoS One 2022; 17(10): e0276686.

28. Jung K, Giese-Kraft K, Schlenz MA, Wöstmann B, Ganss C. Digital plaque monitoring: An evaluation of different intraoral scanners. J Dent 2024; 145: 104978.

29. Karanicolas PJ, Farrokhyar F, Bhandari M. Practical tips for surgical research: blinding: who, what, when, why, how? Can J Surg 2010; 53(5): 345–8.

30. Kiger RD, Nylund K, Feller RP. A comparison of proximal plaque removal using floss and interdental brushes. J Clin Periodontol 1991; 18(9): 681–4.

31. Kleber CJ, Putt MS. Evaluation of a floss-holding device compared to hand-held floss for interproximal plaque, gingivitis, and patient acceptance. Clin Prev Dent 1988; 10(4): 6–14.

32. Kotsakis GA, Lian Q, Ioannou AL, Michalowicz BS, John MT, Chu H. A network meta-analysis of interproximal oral hygiene methods in the reduction of clinical indices of inflammation. J Periodontol 2018; 89(5): 558–70.

33. La Rosa GRM, Chapple I, Polosa R, Pedullà E. A scoping review of new technologies for dental plaque quantitation: Benefits and limitations. J Dent 2023; 139: 104772.

34. Laird WR, Grant AA. Dental bacterial plaque. Int J Biochem 1983; 15(9): 1095–102.

35. Lang WP, Ronis DL, Farghaly MM. Preventive behaviors as correlates of periodontal health status. J Public Health Dent 1995; 55(1): 10–7.

36. Löe H, Silness J. Periodontal disease in pregnancy. I. Prevalence and severity. Acta Odontol Scand 1963; 21: 533–51.

37. Löe H, Theilade E, Jensen SB. Experimental gingivitis in man. J Periodontol (1930) 1965; 36: 177–87.

38. Londero AB, Reiniger APP, Tavares RCR, Ferreira CM, Wikesjö UME, Kantorski KZ, et al. Efficacy of dental floss in the management of gingival health: a randomized controlled clinical trial. Clin Oral Invest 2022; 26(8): 5273–80.

39. Marsh PD. Dental plaque: biological significance of a biofilm and community lifestyle. J Clin Periodontol 2005; 32 Suppl 6: 7–15.

40. Marsh PD, Bradshaw DJ. Dental plaque as a biofilm. J Ind Microbiol 1995; 15(3): 169–75.

41. MediFloss Zahnseide - GSTS Innovation GmbH, https://www.gsts-innovation.de/de/; 07.10.2023 [abgerufen am 7. Oktober 2023].

42. MediFloss Zahnseide - GSTS Innovation GmbH, https://www.gsts-innovation.de/de/; 11.10.2023 [abgerufen am 11. Oktober 2023].

43. Ng E, Lim LP. An Overview of Different Interdental Cleaning Aids and Their Effectiveness. Dent J (Basel) 2019; 7(2).

44. Oliveira LM, Pazinatto J, Zanatta FB. Are oral hygiene instructions with aid of plaque-disclosing methods effective in improving self-performed dental plaque control? A systematic review of randomized controlled trials. Int J Dent Hyg 2021; 19(3): 239–54.

45. Ong G. The effectiveness of 3 types of dental floss for interdental plaque removal. J Clin Periodontol 1990; 17(7 Pt 1): 463–6.

46. Poklepovic T, Worthington HV, Johnson TM, Sambunjak D, Imai P, Clarkson JE, et al. Interdental brushing for the prevention and control of periodontal diseases and dental caries in adults. Cochrane Database Syst Rev 2013(12): CD009857.

47. Pucher J, Jayaprakash P, Aftyka T, Sigman L, van Swol R. Clinical evaluation of a new flossing device. Quintessence Int 1995; 26(4): 273–8.

48. Quigley GA, Hein JW. Comparative cleansing efficiency of manual and power brushing. J Am Dent Assoc 1962; 65: 26–9.

49. Quirynen M, van Steenberghe D, Vuylsteke M. The possibility of measuring plaque growth in vivo within 24 hours. J Periodontal Res 1985; 20(3): 321–8.

50. Radentz WH, Barnes GP, Carter HG, Ailor JE, Johnson RM. An evaluation of two techniques of teaching proper dental flossing procedures. J Periodontol 1973; 44(3): 177–82.

51. Radentz WH, Barnes GP, Kenigsberg HS, Carter HG. Teaching dental flossing to patients via television reinforced by individual instructions. J Periodontol 1975; 46(7): 426–9.

52. Ramlogan S, Raman V, Sweet J. A comparison of two forms of teaching instruction: video vs. live lecture for education in clinical periodontology. Eur J Dent Educ 2014; 18(1): 31–8.

53. Relvas M, Diz P, Velazco C, Otero JL, Pacheco JJ, Tomás I. Evaluation of partial-mouth recording systems of gingival parameters in a Portuguese adult population. J Public Health Dent 2013; 73(2): 135–46.

54. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans: Part 2-Patient factors. J Esthet Restor Dent 2023; 35(1): 241–9.

55. Roa López A, Moreu Burgos G, Aguilar Salvatierra A, Fernández Delgado J, Bravo M, González Jaranay M. Efficacy of dental floss with ellipsoidal knots vs conventional dental floss for plaque removal: A split-mouth randomized trial. Int J Dent Hyg 2021; 19(2): 209–14.

56. Rugg-Gunn AJ, Macgregor ID. A survey of toothbrushing behaviour in children and young adults. J Periodontal Res 1978; 13(4): 382–9.

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

58. Sälzer S, Slot DE, van der Weijden FA, Dörfer CE. Efficacy of inter-dental mechanical plaque control in managing gingivitis--a meta-review. J Clin Periodontol 2015; 42 Suppl 16: S92-105.

59. Sambunjak D, Nickerson JW, Poklepovic T, Johnson TM, Imai P, Tugwell P, et al. Flossing for the management of periodontal diseases and dental caries in adults. Cochrane Database Syst Rev 2011(12): CD008829.

60. Scheie AA. Mechanisms of dental plaque formation. Adv Dent Res 1994; 8(2): 246–53.

61. Schiff T, Proskin HM, Zhang YP, Petrone M, DeVizio W. A clinical investigation of the efficacy of three different treatment regimens for the control of plaque and gingivitis. J Clin Dent 2006; 17(5): 138–44.

62. Schlenz MA, Stillersfeld JM, Wöstmann B, Schmidt A. Update on the Accuracy of Conventional and Digital Full-Arch Impressions of Partially Edentulous and Fully Dentate Jaws in Young and Elderly Subjects: A Clinical Trial. J Clin Med 2022; 11(13).

63. Schmid MO, Balmelli OP, Saxer UP. Plaque-removing effect of a toothbrush, dental floss, and a toothpick. J Clin Periodontol 1976; 3(3): 157–65.

64. Şen S, Erber R, Şen G, Deurer N, Zingler S, Lux CJ. Verfärbung von Glattflächenversieglern durch Plaquefärbelösung. J Orofac Orthop 2020; 81(4): 258–66.

65. Silness J, Löe H. Periodontal disease in pregnancy. II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. Acta Odontol Scand 1964; 22: 121–35.

66. Slot DE, Dörfer CE, van der Weijden GA. The efficacy of interdental brushes on plaque and parameters of periodontal inflammation: a systematic review. Int J Dent Hyg 2008; 6(4): 253–64.

67. Smukler H, Nager MC, Tolmie PC. Interproximal tooth morphology and its effect on plaque removal. Quintessence Int 1989; 20(4): 249–55.

68. Soldo M, Matijević J, Malčić Ivanišević A, Čuković-Bagić I, Marks L, Nikolov Borić D, et al. Impact of oral hygiene instructions on plaque index in adolescents. Cent Eur J Public Health 2020; 28(2): 103–7.

69. Srinivasan M, Delavy J, Schimmel M, Duong S, Zekry D, Trombert V, et al. Prevalence of oral hygiene tools amongst hospitalised elders: A cross-sectional survey. Gerodontology 2019; 36(2): 125–33.

70. Takahashi N, Nyvad B. Caries ecology revisited: microbial dynamics and the caries process. Caries Res 2008; 42(6): 409–18.

71. Terézhalmy GT, Bartizek RD, Biesbrock AR. Plaque-removal efficacy of four types of dental floss. J Periodontol 2008; 79(2): 245–51.

72. Theilade E, Wright WH, Jensen SB, Löe H. Experimental gingivitis in man. II. A longitudinal clinical and bacteriological investigation. J Periodontal Res 1966; 1: 1–13.

73. Turesky S, Gilmore ND, Glickman I. Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of victamine C. J Periodontol 1970; 41(1): 41–3.

74. van Houte J. Bacterial adherence and dental plaque formation. Infection 1982; 10(4): 252–60.

75. Winkel EG, Abbas F, van der Velden U, Vroom TM, Scholte G, Hart AA. Experimental gingivitis in relation to age in individuals not susceptible to periodontal destruction. J Clin Periodontol 1987; 14(9): 499–507.

76. Winterfeld T, Schlueter N, Harnacke D, Illig J, Margraf-Stiksrud J, Deinzer R, et al. Toothbrushing and flossing behaviour in young adults--a video observation. Clin Oral Invest 2015; 19(4): 851–8.

77. Withers JA, Brunsvold MA, Killoy WJ, Rahe AJ. The relationship of palato-gingival grooves to localized periodontal disease. J Periodontol 1981; 52(1): 41–4.

78. Wolffe GN. An evaluation of proximal surface cleansing agents. J Clin Periodontol 1976; 3(3): 148–56.

79. Wong CH, Wade AB. A comparative study of effectiveness in plaque removal by Super Floss and waxed dental floss. J Clin Periodontol 1985; 12(9): 788–95.

80. Worthington HV, MacDonald L, Poklepovic Pericic T, Sambunjak D, Johnson TM, Imai P, et al. Home use of interdental cleaning devices, in addition to toothbrushing, for preventing and controlling periodontal diseases and dental caries. Cochrane Database Syst Rev 2019; 4(4): CD012018.

10. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1. Übersicht über den Ablauf der Studie 12

Abb. 3-2. Bestimmen des Index, Schritt 1 15

Abb. 3-3. Bestimmen des Index, Schritt 2 15

Abb. 3-4. Bestimmen des Index, Schritt 3 16

Abb. 3-5. Bestimmen des Index, Schritt 4 16

Abb. 3-6. Bestimmen des Index, Schritt 4: Eingezeichnete Fläche 17

Abb. 3-7. Festlegen der Breite des Index 18

Abb. 3-8. Das MediFloss®-System 19

Abb. 3-9. Beispiel Überlagerungspunkt der Intraoralscans 21

Abb. 3-10. Ansicht aller überlagerten Intraoralscans 22

Abb. 3-11. Ansicht aller acht überlagerter Intraoralscans mit der Option "Shading Face" 23

Abb. 3-12. Ansicht aller acht überlagerter Intraoralscans mit der Option "Shading None" 23

Abb. 3-13. Zahn 16 bei "Shading None" 24

Abb. 5-1. Lineare Korrelation 30

Abb. 5-2. Häufigkeiten der Codes 0 bis 2 32

Abb. 5-3. Verteilung der PSPI-Werte 33

Abb. 5-4. Kumulative Häufigkeiten für den PSPI 35

Abb. 5-5. Korrelationsmatrix für die PSPI-Werte 36

Abb. 5-6. Korrelation zwischen PSPI-Werten vor Interdentalraumreinigung und deren Effektivität 37

10.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 5-1. PSPI-Werte (Median) 31

Tab. 5-2. PSPI-Werte (Median (95 % CI) für Zahnseide (Z) und MediFloss® (M) zu den vier Untersuchungszeitpunkten 34

Tab. 5-3. PSPI-Werte im Bereich der Kontaktpunkt- und Gingivaareale 39

Tab. 5-4. PSPI-Werte im Bereich der bukkalen und oralen Areale 41

Tab. 5-5. PSPI-Werte im Bereich der mesialen und distalen Areale 43

Tab. 11-1. Average (avg) + und median (med) Error (err) (∅err) 91

11. Anhang

11.1 Überlagerungsfehler

Tab. 11-1. Average (avg) + und median (med) Error (err) (∅err)

Prob-ID	***Ü-Nr.***	***1.***	***2.***	***3.***	***4.***	***5.***	***6.***	***7.***
01								
OK		0,087	0,090	0,084	0,145	0,091	0,092	0,090
UK		0,032	0,021	0,089	0,076	0,084	0,022	0,062
02								
OK		0,025	0,026	0,078	0,059	0,055	0,054	0,056
UK		0,027	0,026	0,050	0,051	0,045	0,047	0,045
03								
OK		0,025	0,024	0,028	0,034	0,026	0,032	0,023
UK		0,035	0,086	0,033	0,062	0,046	0,055	0,062
04								
OK		0,032	0,031	0,034	0,042	0,039	0,040	0,044
UK		0,031	0,029	0,030	0,038	0,037	0,035	0,034
05								
OK		0,094	0,096	0,098	0,095	0,095	0,098	0,100
UK		0,104	0,110	0,104	0,101	0,101	0,117	0,098

06							
OK	0,036	0,036	0,057	0,043	0,050	0,104	0,111
UK	0,020	0,021	0,040	0,043	0,041	0,049	0,058
07							
OK	0,021	0,020	0,040	0,041	0,039	0,038	0,041
UK	0,031	0,028	0,033	0,034	0,033	0,035	0,037
08							
OK	0,044	0,048	0,042	0,034	0,037	0,042	0,043
UK	0,076	0,086	0,091	0,091	0,097	0,094	0,041
09							
OK	0,029	0,029	0,040	0,042	0,038	0,042	0,040
UK	0,028	0,028	0,047	0,046	0,037	0,037	0,037
10							
OK	0,090	0,089	0,098	0,098	0,096	0,101	0,088
UK	0,033	0,032	0,055	0,055	0,045	0,059	0,067
11							
OK	0,054	0,052	0,059	0,058	0,055	0,053	0,054
UK	0,046	0,047	0,066	0,077	0,064	0,060	0,068
12							
OK	0,029	0,028	0,041	0,047	0,051	0,070	0,073
UK	0,047	0,041	0,046	0,048	0,055	0,074	0,081
13							
OK	0,039	0,038	0,040	0,041	0,039	0,040	0,040
UK	0,026	0,026	0,039	0,042	0,042	0,043	0,043

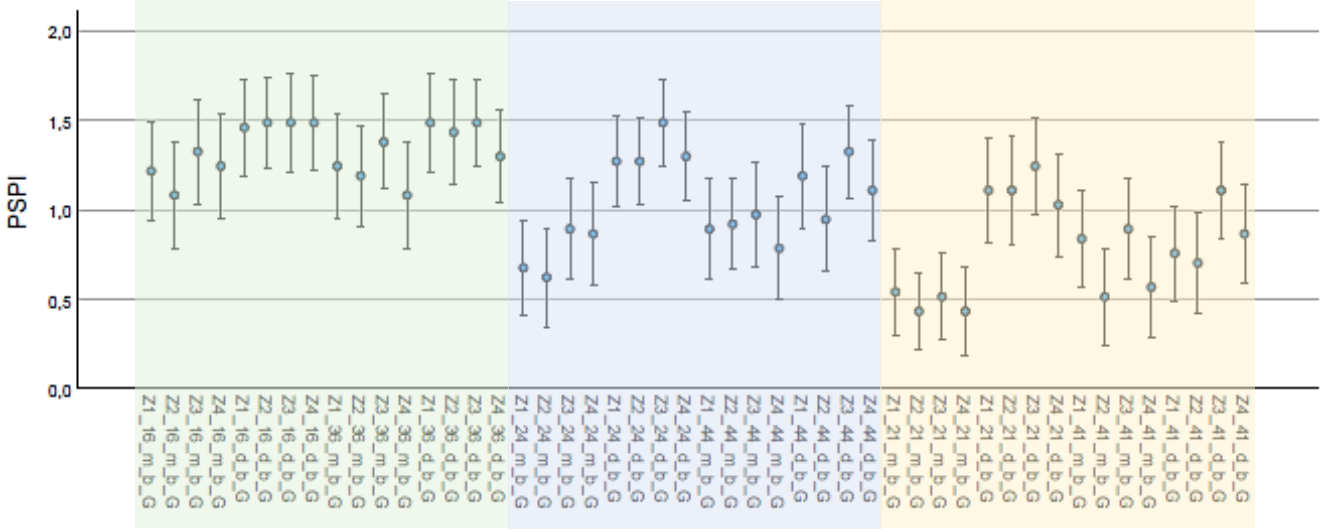
14							
OK	0,038	0,038	0,038	0,036	0,036	0,039	0,042
UK	0,025	0,024	0,033	0,032	0,032	0,034	0,034
15							
OK	0,030	0,030	0,036	0,041	0,045	0,040	0,038
UK	0,018	0,018	0,029	0,030	0,036	0,037	0,038
16							
OK	0,086	0,087	0,087	0,093	0,094	0,094	0,094
UK	0,038	0,034	0,036	0,036	0,034	0,034	0,035
17							
OK	0,038	0,038	0,039	0,040	0,039	0,040	0,038
UK	0,050	0,041	0,039	0,041	0,040	0,041	0,041
18							
OK	0,035	0,036	0,042	0,057	0,063	0,074	0,082
UK	0,028	0,029	0,050	0,059	0,065	0,078	0,094
19							
OK	0,036	0,037	0,041	0,051	0,072	0,081	0,086
UK	0,033	0,032	0,040	0,051	0,079	0,080	0,083
20							
OK	0,040	0,038	0,038	0,042	0,044	0,045	0,043
UK	0,028	0,026	0,034	0,041	0,048	0,047	0,050
21							
OK	0,027	0,027	0,050	0,046	0,041	0,047	0,049
UK	0,033	0,033	0,037	0,039	0,044	0,044	0,044

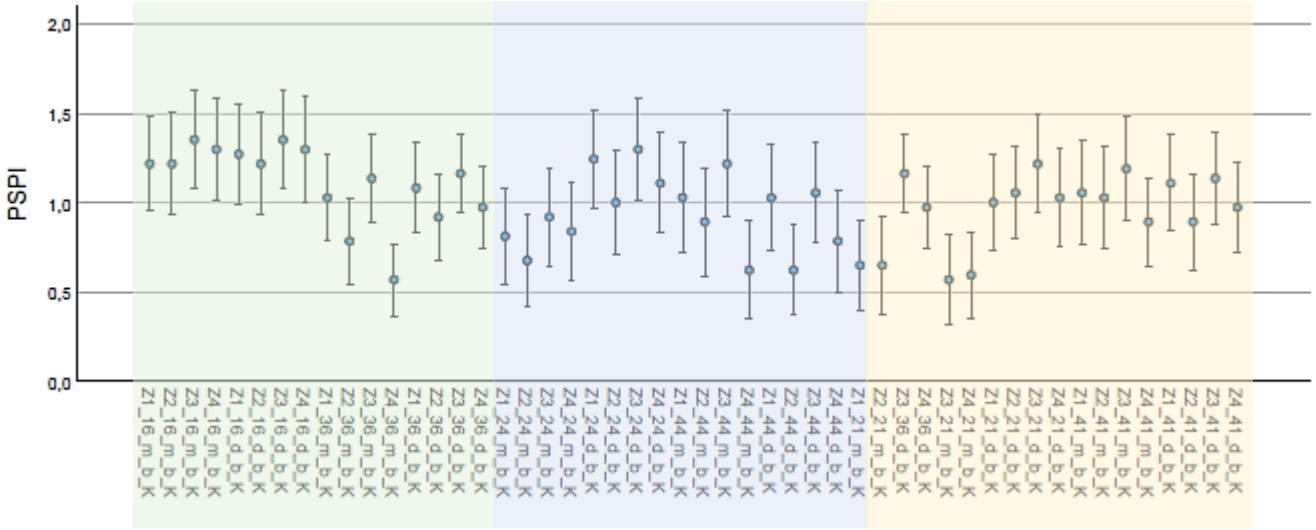
23							
OK	0,032	0,039	0,052	0,054	0,041	0,033	0,040
UK	0,027	0,069	0,081	0,061	0,046	0,044	0,042
24							
OK	0,043	0,033	0,040	0,041	0,039	0,044	0,051
UK	0,043	0,039	0,043	0,044	0,046	0,049	0,053
25							
OK	0,030	0,029	0,042	0,050	0,085	0,093	0,095
UK	0,026	0,025	0,035	0,036	0,038	0,040	0,069
26							
OK	0,035	0,035	0,039	0,044	0,043	0,045	0,046
UK	0,035	0,036	0,034	0,041	0,037	0,039	0,041
27							
OK	0,085	0,097	0,088	0,100	0,103	0,091	0,095
UK	0,044	0,041	0,070	0,055	0,064	0,055	0,051
28							
OK	0,035	0,036	0,038	0,040	0,038	0,045	0,051
UK	0,041	0,034	0,038	0,042	0,041	0,041	0,041
29							
OK	0,031	0,029	0,036	0,036	0,036	0,041	0,040
UK	0,038	0,034	0,041	0,049	0,045	0,046	0,049
30							
OK	0,025	0,024	0,042	0,047	0,045	0,044	0,045
UK	0,023	0,025	0,039	0,042	0,044	0,042	0,046

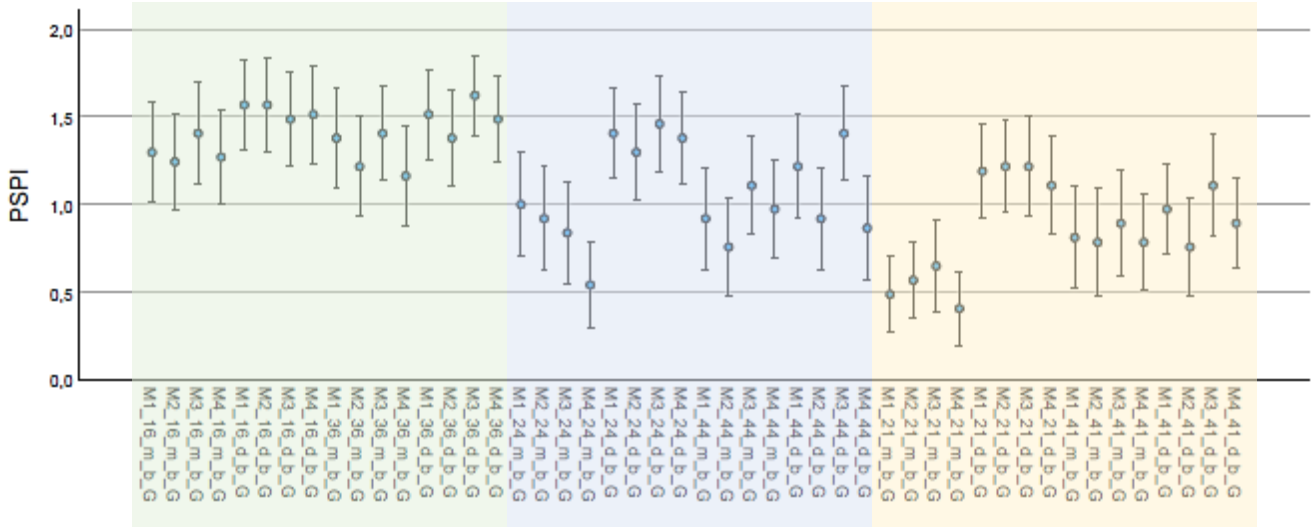
31							
OK	0,098	0,101	0,104	0,153	0,114	0,115	0,107
UK	0,031	0,036	0,029	0,079	0,076	0,046	0,043
33							
OK	0,037	0,038	0,042	0,045	0,041	0,051	0,059
UK	0,038	0,038	0,038	0,041	0,039	0,043	0,050
34							
OK	0,041	0,036	0,038	0,040	0,041	0,045	0,053
UK	0,025	0,026	0,037	0,047	0,039	0,047	0,055
36							
OK	0,029	0,032	0,064	0,063	0,053	0,077	0,077
UK	0,026	0,025	0,045	0,046	0,047	0,064	0,069
37							
OK	0,042	0,041	0,040	0,043	0,046	0,049	0,051
UK	0,048	0,042	0,040	0,047	0,068	0,060	0,056
39							
OK	0,031	0,031	0,067	0,069	0,069	0,075	0,082
UK	0,031	0,030	0,063	0,064	0,064	0,071	0,078
42							
OK	0,039	0,037	0,039	0,040	0,043	0,045	0,049
UK	0,045	0,035	0,040	0,044	0,039	0,045	0,050
43							
OK	0,057	0,046	0,047	0,054	0,057	0,066	0,075
UK	0,049	0,045	0,052	0,065	0,058	0,063	0,068

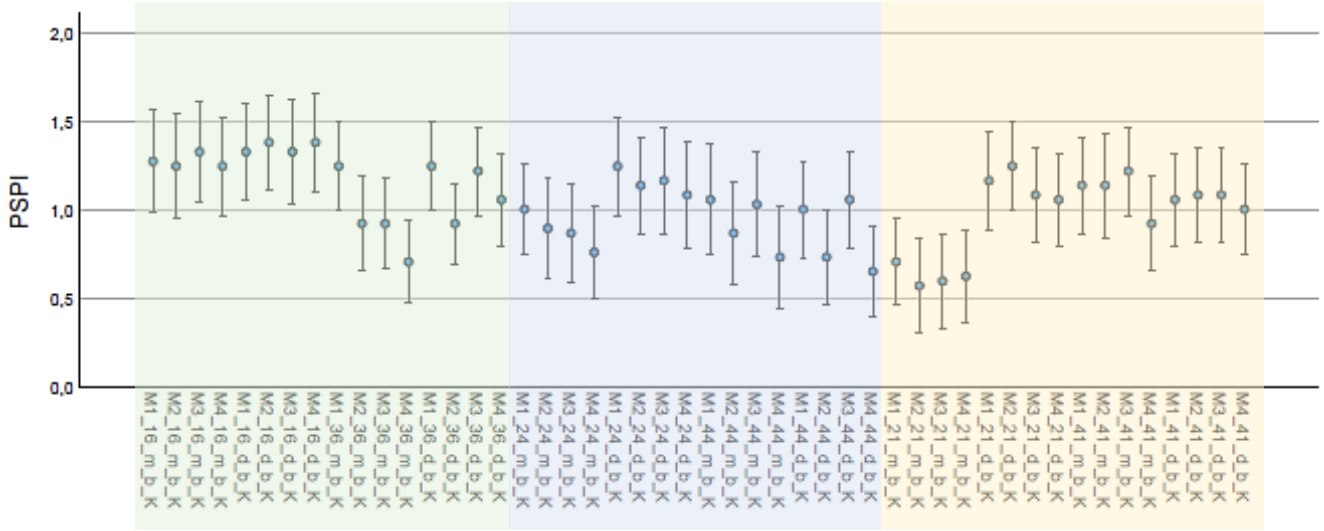
11.2 Fehlerbalkendiagramme

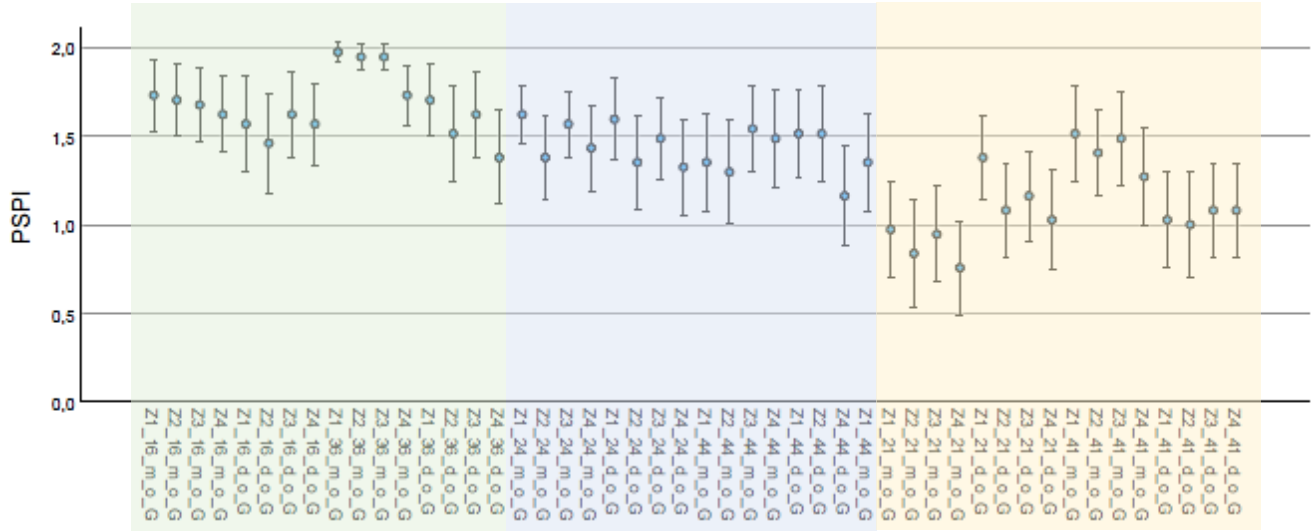
Die Abbildungen zeigen die Plaquebedeckung im Fehlerbalkendiagramm. Hierbei sind die Ramfjord-Zähne von links nach rechts wie folgt angeordnet: 16, 36, 21, 41, 24, 44. Durch diese Anordnung wird ein direkter visueller Vergleich zwischen den verschiedenen Zahngruppen ermöglicht. Die Abkürzungen an der X-Achse des Diagramms stehen für die verschiedenen Zeitpunkte während der Datenerhebung. Hierbei steht „Z“ für das Benutzen von Zahnseide und „M“ für das Benutzen von MediFloss®. Die darauffolgende Ziffer beschreibt den betrachteten Zahn und die darauffolgenden Buchstaben „m“ oder „d“ stehen für mesial oder distal. Die Abkürzungen „b“ und „o“ stehen für die bukkalen und oralen Areale des Index. Der letzte Buchstabe „G“ oder „K“ steht für die Areale ober- und unterhalb der Interdentalpapille.

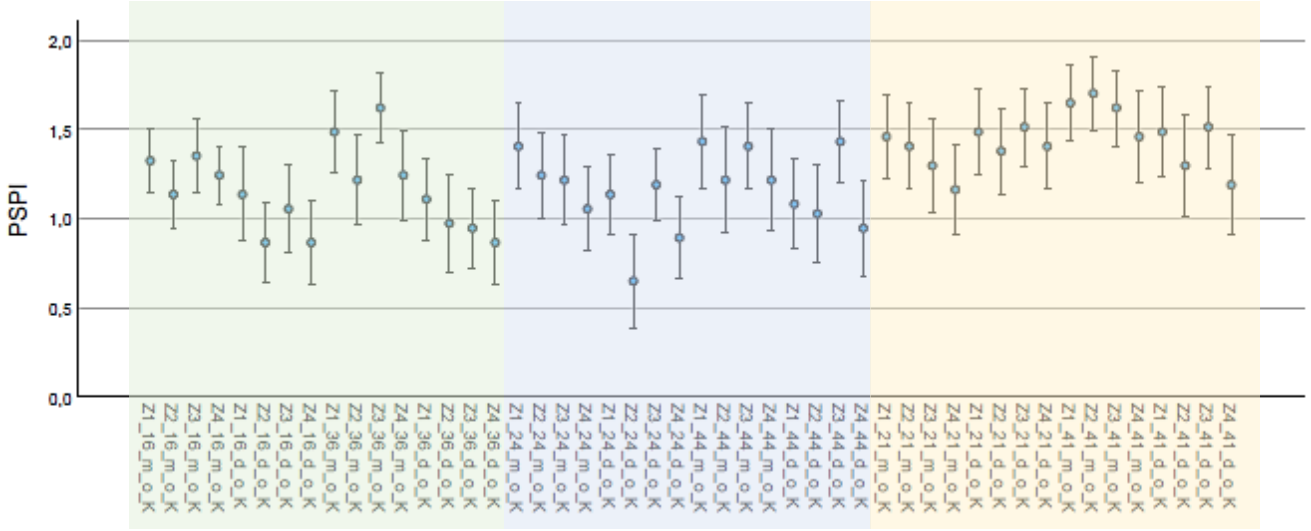

PSPI
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
Z1_16_m_b_G
Z2_16_m_b_G
Z3_16_m_b_G
Z4_16_m_b_G
Z1_16_d_b_G
Z2_16_d_b_G
Z3_16_d_b_G
Z4_16_d_b_G
Z1_36_m_b_G
Z2_36_m_b_G
Z3_36_m_b_G
Z4_36_m_b_G
Z1_36_d_b_G
Z2_36_d_b_G
Z3_36_d_b_G
Z4_36_d_b_G
Z1_24_m_b_G
Z2_24_m_b_G
Z3_24_m_b_G
Z4_24_m_b_G
Z1_24_d_b_G
Z2_24_d_b_G
Z3_24_d_b_G
Z4_24_d_b_G
Z1_44_m_b_G
Z2_44_m_b_G
Z3_44_m_b_G
Z4_44_m_b_G
Z1_44_d_b_G
Z2_44_d_b_G
Z3_44_d_b_G
Z4_44_d_b_G
Z1_21_m_b_G
Z2_21_m_b_G
Z3_21_m_b_G
Z4_21_m_b_G
Z1_21_d_b_G
Z2_21_d_b_G
Z3_21_d_b_G
Z4_21_d_b_G
Z1_41_m_b_G
Z2_41_m_b_G
Z3_41_m_b_G
Z4_41_m_b_G
Z1_41_d_b_G
Z2_41_d_b_G
Z3_41_d_b_G
Z4_41_d_b_G

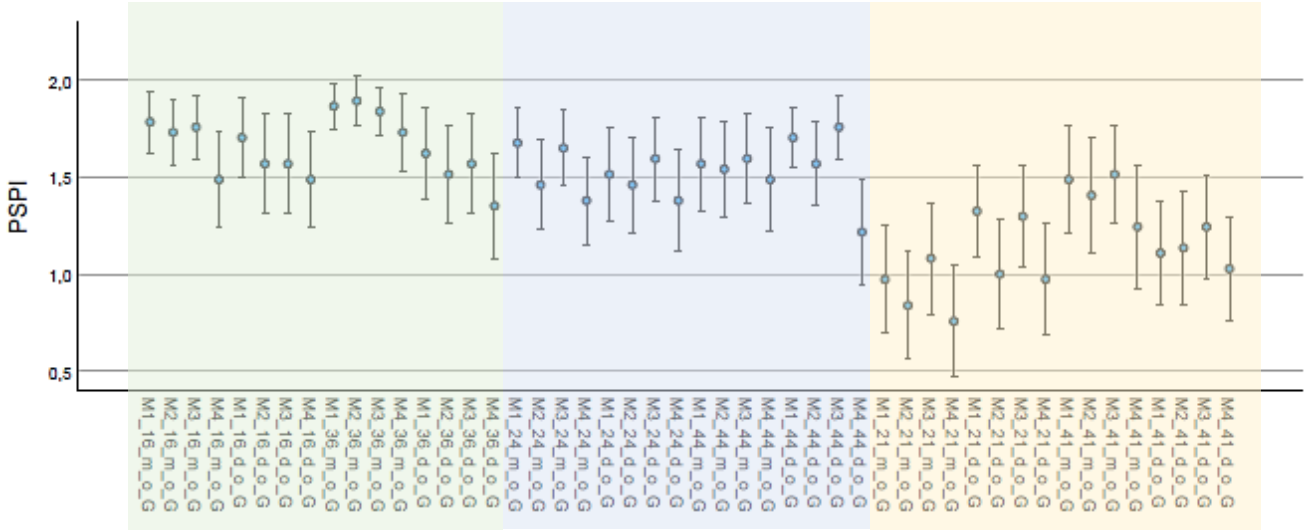

PSPI
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
Z1_16_m_b_K
Z2_16_m_b_K
Z3_16_m_b_K
Z4_16_m_b_K
Z1_16_d_b_K
Z2_16_d_b_K
Z3_16_d_b_K
Z4_16_d_b_K
Z1_36_m_b_K
Z2_36_m_b_K
Z3_36_m_b_K
Z4_36_m_b_K
Z1_36_d_b_K
Z2_36_d_b_K
Z3_36_d_b_K
Z4_36_d_b_K
Z1_24_m_b_K
Z2_24_m_b_K
Z3_24_m_b_K
Z4_24_m_b_K
Z1_24_d_b_K
Z2_24_d_b_K
Z3_24_d_b_K
Z4_24_d_b_K
Z1_44_m_b_K
Z2_44_m_b_K
Z3_44_m_b_K
Z4_44_m_b_K
Z1_44_d_b_K
Z2_44_d_b_K
Z3_44_d_b_K
Z4_44_d_b_K
Z1_21_m_b_K
Z2_21_m_b_K
Z3_36_d_b_K
Z4_36_d_b_K
Z3_21_m_b_K
Z4_21_m_b_K
Z1_21_d_b_K
Z2_21_d_b_K
Z3_21_d_b_K
Z4_21_d_b_K
Z1_41_m_b_K
Z2_41_m_b_K
Z3_41_m_b_K
Z4_41_m_b_K
Z1_41_d_b_K
Z2_41_d_b_K
Z3_41_d_b_K
Z4_41_d_b_K

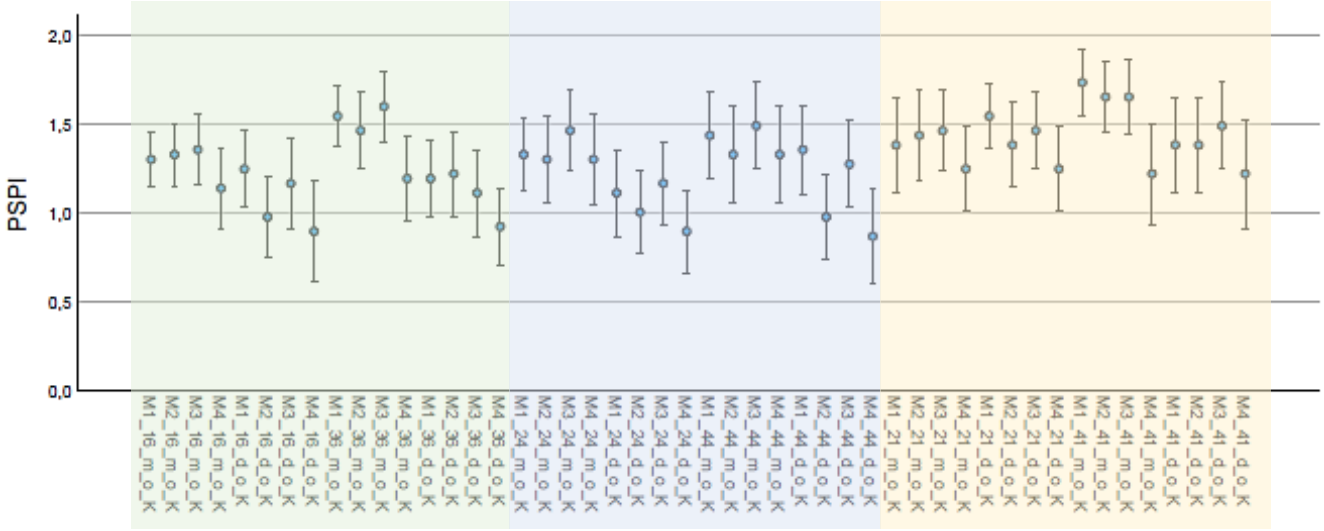

PSPI
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
M1_16_m_b_G
M2_16_m_b_G
M3_16_m_b_G
M4_16_m_b_G
M1_16_d_b_G
M2_16_d_b_G
M3_16_d_b_G
M4_16_d_b_G
M1_36_m_b_G
M2_36_m_b_G
M3_36_m_b_G
M4_36_m_b_G
M1_36_d_b_G
M2_36_d_b_G
M3_36_d_b_G
M4_36_d_b_G
M1_24_m_b_G
M2_24_m_b_G
M3_24_m_b_G
M4_24_m_b_G
M1_24_d_b_G
M2_24_d_b_G
M3_24_d_b_G
M4_24_d_b_G
M1_44_m_b_G
M2_44_m_b_G
M3_44_m_b_G
M4_44_m_b_G
M1_44_d_b_G
M2_44_d_b_G
M3_44_d_b_G
M4_44_d_b_G
M1_21_m_b_G
M2_21_m_b_G
M3_21_m_b_G
M4_21_m_b_G
M1_21_d_b_G
M2_21_d_b_G
M3_21_d_b_G
M4_21_d_b_G
M1_41_m_b_G
M2_41_m_b_G
M3_41_m_b_G
M4_41_m_b_G
M1_41_d_b_G
M2_41_d_b_G
M3_41_d_b_G
M4_41_d_b_G


PSPI
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
M1_16_m_b_K
M2_16_m_b_K
M3_16_m_b_K
M4_16_m_b_K
M1_16_d_b_K
M2_16_d_b_K
M3_16_d_b_K
M4_16_d_b_K
M1_36_m_b_K
M2_36_m_b_K
M3_36_m_b_K
M4_36_m_b_K
M1_36_d_b_K
M2_36_d_b_K
M3_36_d_b_K
M4_36_d_b_K
M1_24_m_b_K
M2_24_m_b_K
M3_24_m_b_K
M4_24_m_b_K
M1_24_d_b_K
M2_24_d_b_K
M3_24_d_b_K
M4_24_d_b_K
M1_44_m_b_K
M2_44_m_b_K
M3_44_m_b_K
M4_44_m_b_K
M1_44_d_b_K
M2_44_d_b_K
M3_44_d_b_K
M4_44_d_b_K
M1_21_m_b_K
M2_21_m_b_K
M3_21_m_b_K
M4_21_m_b_K
M1_21_d_b_K
M2_21_d_b_K
M3_21_d_b_K
M4_21_d_b_K
M1_41_m_b_K
M2_41_m_b_K
M3_41_m_b_K
M4_41_m_b_K
M1_41_d_b_K
M2_41_d_b_K
M3_41_d_b_K
M4_41_d_b_K


PSPI
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
Z1_16_m_o_G
Z2_16_m_o_G
Z3_16_m_o_G
Z4_16_m_o_G
Z1_16_d_o_G
Z2_16_d_o_G
Z3_16_d_o_G
Z4_16_d_o_G
Z1_36_m_o_G
Z2_36_m_o_G
Z3_36_m_o_G
Z4_36_m_o_G
Z1_36_d_o_G
Z2_36_d_o_G
Z3_36_d_o_G
Z4_36_d_o_G
Z1_24_m_o_G
Z2_24_m_o_G
Z3_24_m_o_G
Z4_24_m_o_G
Z1_24_d_o_G
Z2_24_d_o_G
Z3_24_d_o_G
Z4_24_d_o_G
Z1_44_m_o_G
Z2_44_m_o_G
Z3_44_m_o_G
Z4_44_m_o_G
Z1_44_d_o_G
Z2_44_d_o_G
Z3_44_d_o_G
Z4_44_d_o_G
Z1_21_m_o_G
Z2_21_m_o_G
Z3_21_m_o_G
Z4_21_m_o_G
Z1_21_d_o_G
Z2_21_d_o_G
Z3_21_d_o_G
Z4_21_d_o_G
Z1_41_m_o_G
Z2_41_m_o_G
Z3_41_m_o_G
Z4_41_m_o_G
Z1_41_d_o_G
Z2_41_d_o_G
Z3_41_d_o_G
Z4_41_d_o_G


PSPI
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
Z1_16_m_o_K
Z2_16_m_o_K
Z3_16_m_o_K
Z4_16_m_o_K
Z1_16_d_o_K
Z2_16_d_o_K
Z3_16_d_o_K
Z4_16_d_o_K
Z1_36_m_o_K
Z2_36_m_o_K
Z3_36_m_o_K
Z4_36_m_o_K
Z1_36_d_o_K
Z2_36_d_o_K
Z3_36_d_o_K
Z4_36_d_o_K
Z1_24_m_o_K
Z2_24_m_o_K
Z3_24_m_o_K
Z4_24_m_o_K
Z1_24_d_o_K
Z2_24_d_o_K
Z3_24_d_o_K
Z4_24_d_o_K
Z1_44_m_o_K
Z2_44_m_o_K
Z3_44_m_o_K
Z4_44_m_o_K
Z1_44_d_o_K
Z2_44_d_o_K
Z3_44_d_o_K
Z4_44_d_o_K
Z1_21_m_o_K
Z2_21_m_o_K
Z3_21_m_o_K
Z4_21_m_o_K
Z1_21_d_o_K
Z2_21_d_o_K
Z3_21_d_o_K
Z4_21_d_o_K
Z1_41_m_o_K
Z2_41_m_o_K
Z3_41_m_o_K
Z4_41_m_o_K
Z1_41_d_o_K
Z2_41_d_o_K
Z3_41_d_o_K
Z4_41_d_o_K


PSPI
2,0
1,5
1,0
0,5
M1_16_m_o_G
M2_16_m_o_G
M3_16_m_o_G
M4_16_m_o_G
M1_16_d_o_G
M2_16_d_o_G
M3_16_d_o_G
M4_16_d_o_G
M1_36_m_o_G
M2_36_m_o_G
M3_36_m_o_G
M4_36_m_o_G
M1_36_d_o_G
M2_36_d_o_G
M3_36_d_o_G
M4_36_d_o_G
M1_24_m_o_G
M2_24_m_o_G
M3_24_m_o_G
M4_24_m_o_G
M1_24_d_o_G
M2_24_d_o_G
M3_24_d_o_G
M4_24_d_o_G
M1_44_m_o_G
M2_44_m_o_G
M3_44_m_o_G
M4_44_m_o_G
M1_44_d_o_G
M2_44_d_o_G
M3_44_d_o_G
M4_44_d_o_G
M1_21_m_o_G
M2_21_m_o_G
M3_21_m_o_G
M4_21_m_o_G
M1_21_d_o_G
M2_21_d_o_G
M3_21_d_o_G
M4_21_d_o_G
M1_41_m_o_G
M2_41_m_o_G
M3_41_m_o_G
M4_41_m_o_G
M1_41_d_o_G
M2_41_d_o_G
M3_41_d_o_G
M4_41_d_o_G


PSPI
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
M1_16_m_o_K
M2_16_m_o_K
M3_16_m_o_K
M4_16_m_o_K
M1_16_d_o_K
M2_16_d_o_K
M3_16_d_o_K
M4_16_d_o_K
M1_36_m_o_K
M2_36_m_o_K
M3_36_m_o_K
M4_36_m_o_K
M1_36_d_o_K
M2_36_d_o_K
M3_36_d_o_K
M4_36_d_o_K
M1_24_m_o_K
M2_24_m_o_K
M3_24_m_o_K
M4_24_m_o_K
M1_24_d_o_K
M2_24_d_o_K
M3_24_d_o_K
M4_24_d_o_K
M1_44_m_o_K
M2_44_m_o_K
M3_44_m_o_K
M4_44_m_o_K
M1_44_d_o_K
M2_44_d_o_K
M3_44_d_o_K
M4_44_d_o_K
M1_21_m_o_K
M2_21_m_o_K
M3_21_m_o_K
M4_21_m_o_K
M1_21_d_o_K
M2_21_d_o_K
M3_21_d_o_K
M4_21_d_o_K
M1_41_m_o_K
M2_41_m_o_K
M3_41_m_o_K
M4_41_m_o_K
M1_41_d_o_K
M2_41_d_o_K
M3_41_d_o_K
M4_41_d_o_K

11.3 Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren.

Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

11.4 Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank Frau Prof. Dr. C. Ganß, die diese Arbeit sehr geduldig und kollegial betreut hat. Weiterhin bedanke ich mich bei Ihr für das Überlassen dieses vielseitigen und spannenden Themas.

Darüber hinaus möchte ich mich bei Frau Dr. K. Giese-Kraft bedanken, welche sich während der Datenerhebung viel Zeit genommen hat und immer hilfsbereit zur Seite stand.

Mein Dank gilt auch der Firma GSTS Innovation GmbH für die Bereitstellung des Medi-Floss®-Systems.

Außerdem danke ich auch meiner Familie und meinen Freundinnen und Freunden, die mir immer wieder geduldig ihre Aufmerksamkeit geschenkt haben und insbesondere meinem Vater, der viele Abschnitte dieser Arbeit Korrekturgelesen hat.

Zuletzt möchte ich meiner Freundin Lena danken, die mich durchgängig ermutigt und unterstützt hat und immer ein offenes Ohr für meine Gedanken hat.

11.5 Tabellarischer Lebenslauf

Der Inhalt wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt.