

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

Halitosis und Lebensqualität bei Jugendlichen mit verschiedenen  
kieferorthopädischen Apparaturen

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

Vorgelegt von

Julian Karl Textor  
aus Gießen

Mainz, 2022

Tag der Promotion:

12. Juli 2022

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abkürzungsverzeichnis.....                                                | I   |
| Abbildungsverzeichnis .....                                               | II  |
| Tabellenverzeichnis.....                                                  | III |
| 1. Einleitung .....                                                       | 1   |
| 2. Grundlagen und Literaturübersicht.....                                 | 3   |
| 2.1 Halitosis und Foetor ex ore.....                                      | 3   |
| 2.1.1 Klassifikation der Halitosis.....                                   | 3   |
| 2.1.2 Epidemiologie der Halitosis.....                                    | 6   |
| 2.1.3 Ätiologie der Halitosis.....                                        | 7   |
| 2.1.4 Diagnostik von Halitosis.....                                       | 13  |
| 2.1.5 Therapie der Halitosis .....                                        | 16  |
| 2.2 Kieferorthopädische Apparaturen.....                                  | 18  |
| 2.2.1 Aligner .....                                                       | 18  |
| 2.2.2 Vestibulär festsitzende Zahnspangen .....                           | 19  |
| 2.2.3 Lingual festsitzende Zahnspangen .....                              | 20  |
| 2.2.4 Herausnehmbare Zahnspangen.....                                     | 21  |
| 2.3 Intraorale Veränderungen während kieferorthopädischer Behandlung..... | 22  |
| 2.3.1 Veränderung der intraoralen Bakterienflora .....                    | 22  |
| 2.3.2 Einschränkungen der Mundhygiene und deren Folgen.....               | 23  |
| 2.4 Lebensqualität während kieferorthopädischer Behandlung .....          | 24  |
| 3. Material und Methoden.....                                             | 25  |
| 3.1 Studiendesign .....                                                   | 25  |
| 3.2 Klinische Untersuchungsparameter .....                                | 26  |
| 3.2.1 Parodontaler Screening Index .....                                  | 26  |
| 3.2.2 Plaque Index nach Silness und Loe .....                             | 28  |
| 3.2.3 Gingiva Index nach Silness und Loe .....                            | 29  |
| 3.2.4 Zungenbelag-Index nach Miyazaki .....                               | 30  |
| 3.2.5 DMF/T-Index.....                                                    | 30  |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.6 Organoleptische Messung der Halitosis.....                                            | 31  |
| 3.2.7 Instrumentelle Messung der Halitosis .....                                            | 31  |
| 3.2.8 Fragebögen .....                                                                      | 34  |
| 3.3 Statistische Analyse.....                                                               | 35  |
| 4. Ergebnisse .....                                                                         | 37  |
| 4.1 Probandengut .....                                                                      | 37  |
| 4.2 Ergebnisse der Geruchsmessungen.....                                                    | 40  |
| 4.3 Ergebnisse der klinischen Untersuchungsparameter.....                                   | 45  |
| 4.4 Korrelationen zwischen klinischen Parametern, Halitosis und persönlichen Attributen.... | 52  |
| 4.5 Kid-Kindl <sup>®</sup> .....                                                            | 53  |
| 5. Diskussion .....                                                                         | 56  |
| 5.1 Diskussion von Material und Methode.....                                                | 56  |
| 5.1.1 Wahl der Halitosis-Messverfahren, der klinischen Parameter und der Fragebögen.....    | 56  |
| 5.1.2 Wahl der zu untersuchenden Gruppen und der Probandenzahl.....                         | 61  |
| 5.2 Diskussion der Ergebnisse .....                                                         | 65  |
| 5.2.1 Diskussion der Ergebnisse der Geruchsmessungen .....                                  | 65  |
| 5.2.2 Diskussion der Ergebnisse der klinischen Parameter .....                              | 72  |
| 5.2.3 Diskussion der Ergebnisse des Kid-KINDL <sup>®</sup> Fragebogens.....                 | 76  |
| 6. Zusammenfassung .....                                                                    | 79  |
| 7. Literaturverzeichnis.....                                                                | 81  |
| 8. Anhang.....                                                                              | 93  |
| 8.1 Abbildung des Kid-KINDL <sup>®</sup> Fragebogens.....                                   | 93  |
| 8.2 Abbildung des allgemeinen Fragebogens.....                                              | 96  |
| 8.3. Tabelle zum Alter der Jungen und Mädchen bei der Baselineuntersuchung in Jahren ..     | 97  |
| 8.4 Tabelle zum VSC-Gehalt der Ausatemluft in ppb bei der Baselineuntersuchung .....        | 97  |
| 8.5 Tabellen zur deskriptiven Statistik im zeitlichen Verlauf .....                         | 98  |
| 8.6 Korrelation der Messverfahren zur Diagnostik von Mundgeruch .....                       | 108 |
| 9. Danksagung.....                                                                          | 109 |

## Abkürzungsverzeichnis

|           |                                               |
|-----------|-----------------------------------------------|
| BANA      | benzoyl-DL-arginine-naphtylamide              |
| BoP       | Bleeding on Probing                           |
| CPITN     | Community Periodontal Index of Treatment Need |
| DMF(T)    | Decayed, Missing, Filled (Teeth)              |
| g         | Gramm                                         |
| GI        | Gingiva Index nach Silness und Löö            |
| HNO       | Hals-Nasen-Ohren                              |
| PI        | Plaque Index nach Silness und Löö             |
| PSI       | Parodontal Screening Index                    |
| ppb       | parts per billion                             |
| <i>M</i>  | Mittelwert                                    |
| MB        | Multibracket                                  |
| ml        | Milliliter                                    |
| MLQ       | Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität        |
| mm        | Millimeter                                    |
| N         | Newton                                        |
| ng        | Nanogramm                                     |
| <i>SD</i> | Standardabweichung                            |
| VAS       | Visual Analog Scale                           |
| VSC       | Volatile Sulfur Compound                      |
| WHO       | World Health Organization                     |
| WHOQOL    | World Health Organization Quality of Life     |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Einteilung der Halitosis nach Tagerman et al. (28) .....                                                                                                             | 5  |
| Abbildung 2: Prozentuale Verteilung der intraoralen Ursachen für Halitosis; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Delanghe et al. (9) .....                                  | 9  |
| Abbildung 3: Darstellung der Rauigkeit des Zungenrückens im Vergleich zur glatten Unterseite der Zunge .....                                                                      | 10 |
| Abbildung 4: Darstellung von Gingivitis im Ober- und Unterkieferfrontzahnbereich während Multibracketbehandlung .....                                                             | 11 |
| Abbildung 5: Halimeter® zur Messung der VSC Konzentration .....                                                                                                                   | 16 |
| Abbildung 6: Intraoralaufnahme des Oberkiefers während der Therapie mit einer oral feststehenden MB-Apparatur .....                                                               | 20 |
| Abbildung 7: aktives Plattenpaar (links Oberkiefer, rechts Unterkiefer) mit je einer Distalschraube, transversalen Dehnschraube sowie verschiedenen Drahtelementen .....          | 21 |
| Abbildung 8: WHO Sonde mit Längenmarkierungen .....                                                                                                                               | 28 |
| Abbildung 9: Patientin bei Benutzung des Halimeters .....                                                                                                                         | 32 |
| Abbildung 10: Arbeitsoberfläche von HaliSoft™ .....                                                                                                                               | 33 |
| Abbildung 11: Haligram eines Patienten .....                                                                                                                                      | 34 |
| Abbildung 12: Darstellung der Veränderungen der VSC-Messwerte in ppb nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur .....           | 41 |
| Abbildung 13: Darstellung der Veränderungen der organoleptischen Messwerte nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur .....     | 43 |
| Abbildung 14: Selbsteinschätzung der Probanden zum Vorliegen von Mundgeruch während der Baselineuntersuchung .....                                                                | 44 |
| Abbildung 15: Darstellung der Veränderungen des Pls nach Silness und Loe nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur .....       | 46 |
| Abbildung 16: Darstellung der Veränderungen des GIs nach Silness und Loe nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur .....       | 48 |
| Abbildung 17: Darstellung der Veränderungen des PSIs nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur .....                           | 49 |
| Abbildung 18: Darstellung der Veränderungen des Zungenbelagsindex nach Miyazaki nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur .... | 51 |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: modifizierte Klassifikation der Halitosis; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Yaegaki und Coil (22) .....                                                                   | 4  |
| Tabelle 2: Übersicht über die Intra- und Interrater-Reliabilität vor Studienbeginn, ermittelt durch das Cohens Kappa (130).....                                                                | 26 |
| Tabelle 3: Codierung des PSI, Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Rukat und Kielbassa (136) .....                                                                                       | 27 |
| Tabelle 4: Darstellung der verschiedenen Schweregrade des Pls nach Silness und Loe; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Loe (137) .....                                                 | 29 |
| Tabelle 5: Bewertung der Gingiva und klinische Zeichen der verschiedenen Schweregrade des GlS nach Silness und Loe; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Loe (137) .....                 | 29 |
| Tabelle 6: Zungenbelag-Index nach Miyazaki; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Miyazaki et al. (138) .....                                                                             | 30 |
| Tabelle 7: organoleptische Bewertung nach Rosenberg; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Rosenberg et al. (73).....                                                                     | 31 |
| Tabelle 8: Übersicht über das Durchschnittsalter der verschiedenen Probandengruppen zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung in Jahren.....                                                      | 37 |
| Tabelle 9: Übersicht über bestehende Mundhygienemaßnahmen und mögliche Risikofaktoren der Probanden zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung .....                                               | 38 |
| Tabelle 10: Einfaktorielle Varianzanalyse zur Überprüfung ob signifikante Veränderungen zwischen den Gruppen, in Bezug zur Veränderung der VSC-Messwerte im zeitlichen Verlauf auftreten ..... | 41 |
| Tabelle 11: Anzahl an Probanden, bei denen im zeitlichen Verlauf mit verschiedenen Messmethoden Halitosis diagnostiziert wurde .....                                                           | 44 |
| Tabelle 12: Korrelationen verschiedener zahnärztlicher Indices.....                                                                                                                            | 52 |
| Tabelle 13: Übersicht über die Kategorien des Kid-KINDL®s zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Geschlecht .....                                                             | 53 |
| Tabelle 14: Lebensqualität (Total Quality of Life) und deren Veränderung im zeitlichen Verlauf in den verschiedenen Probandengruppen, ermittelt durch den Kid-KINDL® Fragebogen .....          | 54 |
| Tabelle 15: Übersicht über die verschiedenen Kategorien des Kid-KINDL®s zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur.....                                         | 55 |

# 1. Einleitung

Mundgeruch verursacht ein Schamgefühl und verändert somit das soziale Leben der Betroffenen (1).

Bereits in der Antike wurde von Mundgeruch bei kranken und gesunden Menschen berichtet. Vorbiblische Schriften erwähnen wiederholt die Thematik der schlechten Ausatemluft (2). Auch in der heutigen Zeit ist die Problematik ein aktuelles Thema, da das Beschwerdebild in einer immer anspruchsvoller werdenden Gesellschaft soziale Nachteile als Konsequenz mit sich bringen (3) und die Lebensqualität der Leidenden negativ beeinflussen kann (4). Mundgeruch ist eine Belastung, die konstantes Unwohlsein erzeugt und negative soziale sowie psychische Konsequenzen mit sich bringen kann. Eine Verringerung des Selbstvertrauens oder das Meiden sozialer Kontakte kann als Folge der Beschwerdesymptomatik auftreten und zur Isolation der Betroffenen führen. Nahezu jede vierte Person gibt an, große soziale Distanz zu den Betroffenen zu wahren (5).

In einer internationalen Metaanalyse wurde ermittelt, dass fast jede dritte untersuchte Person an Mundgeruch leidet. Diese Fallzahlen suggerieren, dass das Beschwerdebild der Halitosis weltweit zunimmt (6). Bei minderjährigen Proband\*innen konnte sogar ein Vorliegen von übler Ausatemluft bei bis zu 37,6% festgestellt werden (7).

Die Ursache für übelriechende Ausatemluft ist zu etwa 90% intraoral zu finden (8). Während intraoral die Hauptursachen im Vorliegen von Zungenbelag, Parodontitis und Gingivitis gesehen werden (9, 10), ist im Fachbereich der Kieferorthopädie bekannt, dass auch die Insertion einer kieferorthopädischen Apparatur zu einer Intensivierung der Ausatemluft führen kann (11-13). Die Mundhygiene ist während der kieferorthopädischen Therapie erschwert, da durch kieferorthopädische Apparaturen retentive Bereiche entstehen, die eine vermehrte Ansammlung von Biofilmen ermöglichen. Behandlungen mit festsitzenden oder herausnehmbaren Apparaturen können die intraorale Bakterienflora somit verändern und das Kariesrisiko der Patienten erhöhen (14). Auch die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität (MLQ) kann durch kieferorthopädische Behandlungsmaßnahmen beeinflusst werden. Während des Therapiezeitraums kann es durch leichte Schmerzen und das optische Erscheinungsbild der Apparaturen zu einer Abnahme der MLQ kommen. Nach



abgeschlossener Therapie wird hingegen über eine MLQ berichtet, die die prätherapeutische Ausgangssituation übertrifft (15).

Eine Studie, die bei dem Großteil der kieferorthopädischen Subpopulationen (vestibulär festsitzende Apparatur, lingual festsitzende Apparatur, herausnehmbare Apparatur, Aligner) Veränderungen der Ausatemluft, der Mundgesundheit und der Lebensqualität untersucht und miteinander vergleicht, ist uns nicht bekannt.

Vor dem dargestellten Problemhintergrund hat unsere prospektive, klinische Studie die Zielsetzung, einen Überblick über die unterschiedlichen Veränderungen der Intensität der Ausatemluft, der Mundgesundheit und der Lebensqualität während der Behandlung mit verschiedenen kieferorthopädischen Apparaturen zu verschaffen.

Deshalb ist es primäres Ziel dieser Studie folgende Nullhypothese zu untersuchen: Verschiedene kieferorthopädische Apparaturen beeinflussen die Intensität der Ausatemluft im zeitlichen Verlauf nicht unterschiedlich. Die Alternativhypothese besagt somit, dass sich verschiedene kieferorthopädische Apparaturen im Einfluss auf die Intensität der Ausatemluft unterscheiden.

Sekundär wurden folgende Nullhypothesen überprüft:

Verschiedene kieferorthopädische Apparaturen wirken sich nicht unterschiedlich auf die Mundgesundheit, die Lebensqualität und das Wohlbefinden der Probanden im zeitlichen Verlauf aus. Dementgegen stehen folgende Alternativhypothesen: Verschiedene kieferorthopädische Apparaturen haben einen unterschiedlichen Einfluss auf die Mundgesundheit, die Lebensqualität und das Wohlbefinden der Probanden im zeitlichen Verlauf.

Zur Verbesserung der Lesbarkeit wird im Folgenden das generische Maskulinum verwendet. Weibliche sowie alle weiteren Geschlechteridentitäten sind hiermit explizit eingeschlossen.

## **2. Grundlagen und Literaturübersicht**

### **2.1 Halitosis und Foetor ex ore**

Der Terminus Halitosis, der sich von dem lateinischen Wort „halitus“ (Dunst, Hauch) ableitet, beschreibt einen unangenehmen Geruch, der sowohl beim Ausatmen durch den Mund als auch beim Ausatmen durch die Nase registriert werden kann. Der Ursprung des Geruchs kann hierbei auch extraoral liegen, wie beispielsweise in den Nasennebenhöhlen. „Foetor ex ore“ („Geruch aus dem Mund“) bezeichnet hingegen lediglich einen unangenehmen Geruch beim Ausatmen durch den Mund. Ein intraoraler Ursprung ist wahrscheinlich. Folglich können „Halitosis“ und „Foetor ex ore“ unterschiedliche Ursachen haben und sollten nicht synonym verwendet werden (16). In der Fachliteratur des angloamerikanischen Raums dient der Begriff „Halitosis“ jedoch als Synonym für multiple Bezeichnungen atypischer Ausatemluft wie beispielsweise „Foetor ex ore“, „Bad breath“, „Breath odor“ oder „Oral malodor“ (3, 17-20). Heute wird in der internationalen Literatur und Forschung Halitosis mehrheitlich als Terminus für Mundgeruch genutzt (8, 21); daher wird auch im nachfolgenden Text zur Vereinfachung Halitosis als Synonym für Mundgeruch verwendet.

#### **2.1.1 Klassifikation der Halitosis**

Halitosis beschreibt kein einheitliches Krankheitsbild. International wird heute zumeist die Einteilung von Yaegaki und Coil (22) aus dem Jahr 2000 genutzt und empfohlen (8, 21, 23-25), obwohl sie nicht universell akzeptiert wird (26).

Die Klassifikation unterteilt Halitosis in echte Halitosis, Pseudo-Halitosis und Halitophobie. Eine weitere Unterteilung erfolgt bei der echten Halitosis in physiologische und pathologische Halitosis. Sollte kein Mundgeruch feststellbar, der Patient jedoch von dem Vorliegen des Krankheitsbildes überzeugt sein, so spricht man von Pseudo-Halitosis. Ist der Patient nach abgeschlossener Therapie der Halitosis weiterhin der Meinung, er habe Mundgeruch, so lautet die Diagnose Halitophobie. Diese Einteilung erlaubt dem Behandler eine psychologische Komponente als Ursache diagnostizieren zu können (22).

Eine ausführliche Beschreibung der Unterteilung der Halitosis ist Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: modifizierte Klassifikation der Halitosis; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Yaegaki und Coil (22)

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) echte Halitosis         | Unangenehmer Geruch, der durch soziale Kontakte nicht mehr akzeptiert wird.                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| → physiologische Halitosis | Innerhalb der Mundhöhle entsteht ein unangenehmer Geruch durch Zersetzungs Vorgänge. Hierbei kann weder ein pathologischer Zustand noch eine Erkrankung als Ursache erkannt werden. Meist ist der dorsale Bereich des Zungenrückens für die Geruchsentwicklung verantwortlich. Vorübergehende Geruchsentwicklung durch bestimmte Lebensmittel sollte hierbei ausgeschlossen werden. |
| → pathologische Halitosis  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| - intraorale Ursachen      | Halitosis entsteht durch Krankheiten, pathologische Vorgänge und Zungenbelag, der durch pathologische Zustände, wie Xerostomie oder Parodontopathien, modifiziert wurde.                                                                                                                                                                                                            |
| - extraorale Ursachen      | Der Geruch entsteht durch Erkrankungen im oberen Atemtrakt, im unteren Atemtrakt, im oberen Verdauungstrakt oder durch Erkrankungen, bei welchen der Geruch per Blutbahn über die Lungen emittiert wird, wie beispielsweise Leberzirrhose oder Diabetes mellitus.                                                                                                                   |
| 2) Pseudo-Halitosis        | Von anderen Personen kann kein unangenehmer Geruch wahrgenommen werden, jedoch ist der Patient davon überzeugt, dass er an Mundgeruch leidet. Durch Aufklärung und die Auswertung der Untersuchungsergebnisse lässt sich der Zustand des Patienten verbessern.                                                                                                                      |
| 3) Halitophobie            | Bei Halitophobie ist der Patient auch nach der Behandlung der echten Halitosis oder der Pseudo-Halitosis davon überzeugt, dass er Mundgeruch hat. Weder klinische noch soziale Evidenz liegt für das Vorliegen von Mundgeruch vor. Trotz ausführlicher Aufklärung verbessert sich der Zustand des Patienten nicht.                                                                  |

Eine weitere Klassifikation der Halitosis wurde 2002 von Tanagerman et al. (27) veröffentlicht. Tanagerman et al. differenzieren hierbei intraoralen und extraoralen Ursprung der Halitosis. Extraoral werden zudem der Ursprung aus den oberen und unteren Atemwegen und der nicht-hämatogene Ursprung unterschieden.

In einer späteren Publikation von 2010 unterteilen Tanagerman et al. (28) den extraoralen Ursprung in hämatogene und nicht-hämatogene Ursachen. (Abb. 1)

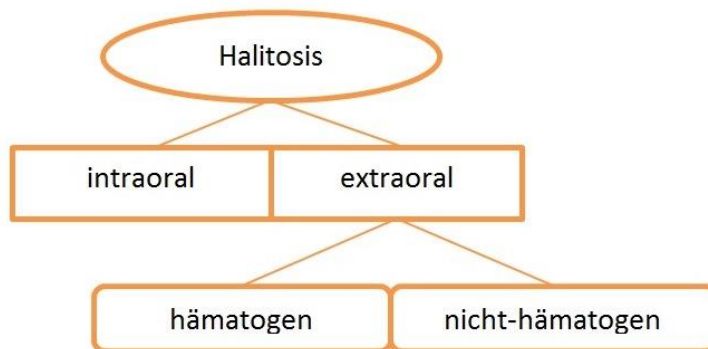


Abbildung 1: Einteilung der Halitosis nach Tanagerman et al. (28)

Die extraoralen, hämatogenen Ursachen für Halitosis können in vier ätiologische Kategorien unterteilt werden: Systemische Erkrankungen (z.B. Leberzirrhose), metabolische Fehlfunktionen (z.B. Trimethylaminurie), Nahrungsmittel (z.B. Knoblauch) und Medikamente (z.B. Dimethylsulfoxid) (27, 28). Extraorale, nicht-hämatogene Ursachen für Halitosis lassen sich nach dem Ort der Entstehung einteilen: Infektionen im Halsbereich, Infektionen im Nasenbereich, Infektionen im Atemtrakt, Lungenerkrankungen und Fehlfunktionen im Magenbereich (28).

Aydin und Harvey-Woodworth (29) erstellten 2014 eine Klassifikation, bei der sie pathologische Halitosis von Typ 1 bis Typ 5 unterteilten: Typ 1 = Ursprung intraoral, Typ 2 = Ursprung in den Atemwegen, Typ 3 = Ursprung im gastroösophagealen Trakt, Typ 4 = hämatogener Ursprung, Typ 5 = nur subjektiv vom Patienten wahrgenommen. Typ 0 repräsentiert die physiologische Halitosis. Die individuelle Halitosis der Patienten setzt sich oft aus den verschiedenen Typen zusammen. Physiologische Halitosis überlagert bis zu einem gewissen Punkt, ab dem die Autoren von pathologischer Halitosis sprechen, die Typen 1-5.

### **2.1.2 Epidemiologie der Halitosis**

Das tatsächliche gesellschaftliche Vorkommen von Halitosis ist nicht bekannt. Die Vergleichbarkeit vieler Studien ist auf Grund der unterschiedlichen verwendeten Methoden, Klassifikationen und Terminologien eingeschränkt. Aktuelle epidemiologische Daten beruhen häufig auf einer persönlichen Selbsteinschätzung zum Thema Mundgeruch und bedingen somit eine begrenzte Sensitivität der Ergebnisse (19). Unterschiedliche Kulturen und finanzielle Möglichkeiten zwischen verschiedenen Kontinenten und auch innerhalb eines Landes haben eine variierende Selbsteinschätzung der Patienten in Bezug auf ihre orale Hygiene und das Vorliegen von Halitosis zur Folge (30).

Rosenberg et al. (31) stellten bereits 1995 fest, dass die Selbsteinschätzung der Patienten in Bezug auf das Vorliegen von Halitosis nicht mit den klinischen oder labortechnischen Messungen korreliert und somit von subjektivem Charakter ist. Die geringe Übereinstimmung der Ergebnisse der organoleptischen Geruchsmessungen und der Selbsteinschätzung der Probanden konnte auch in einer iranischen Studie nachgewiesen werden (32). Studien, bei welchen sowohl ein Fragebogen zur Selbsteinschätzung als auch objektive Messverfahren, z.B. mittels Halimeter®, zur Diagnostik angewandt wurden, liegen beispielsweise aus Israel (33), der Schweiz (34) und Schweden (20) vor.

In einer chinesischen Studie der Universität Wuhan wurde bei 65,9% der Probanden im Alter zwischen 18 und 72 Jahren ein Organoleptischer Score von mindestens 2 und bei 41% ein Vorliegen von Volatile Sulfur Compounds (VSCs, flüchtige Schwefelverbindungen) von mindestens 110 parts per billion (ppb, Teile pro Milliarde) in der Ausatemluft gemessen (35). Ein Vorliegen von Halitosis bei mehr als 50% der Teilnehmer (55,38%) konnte zudem bei einer Studie aus Turin, Italien, festgestellt werden. Die Teilnehmer waren bei dieser Studie zwischen 20 und 75 Jahren alt. Ab einem Organoleptischen Score von mindestens 2 wurde Halitosis bei den Probanden diagnostiziert (36). Im Gegensatz zu den oben genannten Studien wurde bei einer Studie aus der Schweiz ein Vorkommen von VSC-Werten von mindestens 75 ppb lediglich bei 27,9% der Probanden und bei 31,5% der Probanden ein Organoleptischer Score von mindestens 2 gemessen (34). In einem ähnlichen Bereich liegt eine Studie aus Korea, bei welcher 23,6% der Probanden in einem Fragebogen angaben, an Halitosis zu leiden (37). Eine Überprüfung bei der brasilianischen Bevölkerung, ebenfalls mittels Fragebogen, ergab ein Vorliegen von Halitosis bei lediglich 15% der

Bevölkerung. Männer gaben bei dieser Studie fast dreifach so oft wie Frauen an, dass sie an Halitosis leiden (38). Vergleichsweise höhere VSC-Konzentrationen in der Ausatemluft von Männern konnten durch Abdullah et al. (39) festgestellt werden. Sie erkannten zudem eine Zunahme der VSC-Werte bei steigendem Alter der Probanden. In einer Studie von Iwakura et al. (40) konnten hingegen keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern festgestellt werden. Sie beobachteten jedoch, dass Frauen häufiger eine Therapie der Halitosis wünschen. Bei italienischen Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 6 und 16 Jahren konnten bei 37,6 % der Probanden VSC-Werte von mindestens 100 ppb nachgewiesen werden (7). Lin et al. (41) konnten bei einer Überprüfung des Mundgeruchs bei Kindern zwischen 5 und 12 Jahren jedoch lediglich bei 23% der Probanden VSC-Werte über 100 ppb messen.

Die in der Literatur genannten, variierenden epidemiologischen Daten zeigen, dass keine allgemeingültige Aussage zum Vorkommen von Halitosis in der Bevölkerung getroffen werden kann (42). Eine Metaanalyse, bei der 13 Studien aus verschiedenen Ländern zur Epidemiologie der Halitosis ausgewertet wurden, ergab, dass durchschnittlich 31,8 % der getesteten Personen an Halitosis leiden. Studien, die aus Ländern mit niedrigem Durchschnittseinkommen stammen, wiesen ein vermehrtes Vorkommen von Halitosis auf (6).

### **2.1.3 Ätiologie der Halitosis**

Neben Stickstoff, Sauerstoff und Kohlendioxid besteht die menschliche Ausatemluft zu einem Hundertstel aus weiteren Gasen, die geruchsaktive Verbindungen enthalten können. Diese Verbindungen können der Ausatemluft einen unangenehmen Charakter verleihen (16). Den zentralen metabolischen Prozess bei der Entstehung von Mundgeruch bildet die bakterielle Zersetzung (43). Die Bakterienkulturen bestehen im Bereich des Zungenrückens vor allem aus Porphyromonas-, Prevotella-, Actinobacillus- und Fusobakterienstämmen. Zu den geruchsentwickelnden Bakterien zählen unter anderem Treponema denticola, Bacteroides forsythus und Porphyromonas gingivalis (44). Als Substrate fungieren beispielsweise Bestandteile aus Speiseresten, des Blutes, des Speichels oder auch Zellen, die sich aus ihrem epithelialen Verband lösen. Es entstehen Aminosäuren durch die Hydrolyse von Peptiden und weitere Spaltungsprozesse folgen. Vor allem durch die Spaltung der schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein, Cystin und Methionin entstehen Endprodukte, durch die eine übelriechende Ausatemluft verursacht wird (16).

Die flüchtigen Moleküle, die durch physiologische oder pathologische Prozesse entstehen, verursachen Mundgeruch. Der Ursprung kann sowohl intra- als auch extraoral liegen. Zu diesen flüchtigen Molekülen zählen beispielsweise Schwefelverbindungen, aromatische Verbindungen, nitrogenhaltige Verbindungen, Amine, kurzkettige Fettsäuren, Alkohole, Phenylverbindungen, aliphatische Verbindungen und Ketone (45-48).

Eine maßgebliche Beteiligung an Halitosis wird den flüchtigen Schwefelverbindungen zugesprochen. Zu den wichtigsten Vertretern zählen Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Methylmercaptan ( $\text{CH}_3\text{SH}$ ) und Dimethylsulfid  $[(\text{CH}_3)_2\text{S}]$ . Schwefelwasserstoff und Methylmercaptan haben intraoral einen Anteil von 90% an der Gesamtheit der flüchtigen Schwefelverbindungen (49). Goldberg et al. (17) identifizierten neben den flüchtigen Schwefelverbindungen das Diamin Cadaverin als eine weitere übelriechende Verbindung innerhalb der Mundhöhle. Weitere Substanzen, die eine unangenehme Ausatemluft verursachen können, sind Putreszin, Skatol und Indol (16). Die physiologischen Ursachen von Halitosis sind hierbei von den pathologischen Ursachen abzugrenzen. Zu den physiologischen Ursachen für die Intensivierung des Geruches der Ausatemluft zählen bspw. der weibliche Menstruationszyklus (50) oder auch längere Hungerperioden (51). Der Konsum bestimmter Lebensmittel (z.B. Knoblauch) kann zu einer übelriechenden Ausatemluft führen (52), jedoch wird dies, wie auch die morgendliche Halitosis (49), als physiologisch gewertet. Alqutami et al. (53) konnten als weitere Ursache für Halitosis bei Kindern die Symptomatik der Mundatmung identifizieren. Eine signifikant erhöhte Prävalenz von Halitosis lag im Vergleich zu Kindern, die durch die Nase atmen, vor.

### **Intraorale Ursachen**

Der primäre Entstehungsort von Halitosis liegt in der Mundhöhle selbst (3, 8, 10, 44, 54, 55). Intraorale Bakterien produzieren durch den Abbau von Proteinen multiple übelriechende Substanzen (44). Klinische Studien ergaben, dass bei 90% der an Halitosis leidenden Patienten die Mundhöhle der Entstehungsort ist (8). Als ursächlich für den quantitativ hohen Anteil ist die Anatomie der Strukturen innerhalb der Mundhöhle zu sehen. Intraoral bieten beispielsweise die Papillen der Zunge und Zahnfleischtaschen anaerobe Gruben, in denen von anaeroben Bakterien flüchtige Schwefelverbindungen gebildet werden (9). Flüchtige Schwefelverbindungen, wie Schwefelwasserstoff, Methylmercaptan und Dimethylsulfid entstehen durch den

Abbau schwefelhaltiger Aminosäuren (49). Zungen- und Zahnbelag, Parodontalerkrankungen, Periimplantitis, kariöse Läsionen, Perikoronitis, Ulzerationen, Wunden, insuffiziente Restaurationen, freiliegende, nekrotische Pulpa, Essensrückstände und eine reduzierte Speichelflussrate sind unter anderem als intraorale Ursachen zu nennen (56). Auch die kieferorthopädische Behandlung mit festsitzenden Apparaturen führt im Verlauf der Therapie zu einer Steigerung der Mundgeruchsintensität (11-13). Während der Therapie mit konventionellen Brackets konnte im Vergleich zur Therapie mit selbstligierenden Brackets ein größerer Anstieg der Mundgeruchsintensität festgestellt werden (57, 58). Costacurta et al. (59) stellten zudem fest, dass Kinder mit festsitzenden Zahnspangen im Vergleich zu Kindern mit herausnehmbarer Zahnspange oder Kindern ohne Zahnspange höhere VSC-Messwerte aufweisen. Die Messwerte von Schwefelwasserstoff waren bei den Kindern mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur signifikant höher als bei den beiden anderen Gruppen. Auch für physiologische Halitosis ist die Mundhöhle der Hauptentstehungsort. Ein Zusammenhang besteht hierbei zum frühmorgendlichen Mundgeruch. Die maximale Intensität des Mundgeruchs ist nach langem Verzicht auf Nahrung und Flüssigkeiten oder bei geringer Speichelproduktion über einen längeren Zeitraum erreicht (49).

Sowohl Delanghe et al. (9) als auch Quirynen et al. (10) geben Zungenbelag mit 51% bzw. 43% als Hauptursache innerhalb der Mundhöhle für üble Ausatemluft an. (Abbildung 2)

### Intraorale Ursachen

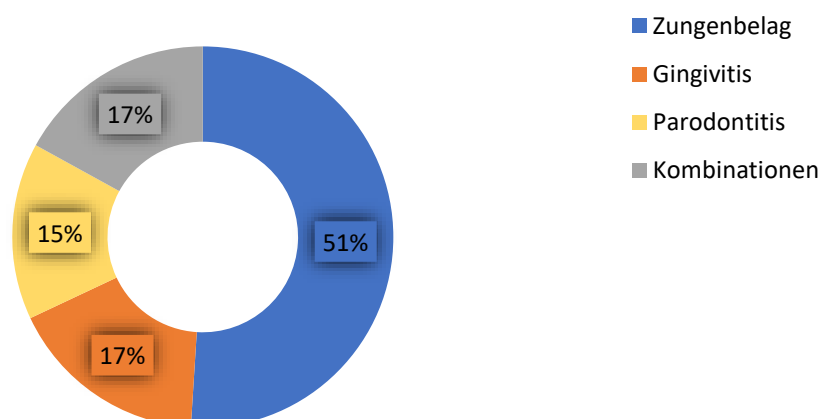


Abbildung 2: Prozentuale Verteilung der intraoralen Ursachen für Halitosis; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Delanghe et al. (9)



Die Mikro- und Makrorauigkeiten des Zungenrückens erzeugen ein Reservoir für anaerobe Bakterien, in das nur bedingt Sauerstoff eindringen kann. Zwischen 60 und 80 % der Bakterien innerhalb der Mundhöhle sind auf der Oberfläche der Zunge lokalisiert (16, 21). Die Oberflächenstruktur des Zungenrückens ist in Abbildung 3 dargestellt.



Abbildung 3: Darstellung der Rauigkeit des Zungenrückens im Vergleich zur glatten Unterseite der Zunge

Die zerklüftete Zungenoberfläche bietet Schutz vor mastikatorischen Kräften und dem Speichelfluss. Zudem liegt in diesen Bereichen ein niedriges Redoxpotential vor, welches das Bakterienwachstum begünstigt. Die Bakterienbesiedlung des Zungenrückens nimmt tendenziell von anterior nach posterior zu, wobei die Bakterienmenge im Bereich posterior der Papillae vallatae am größten ist (60). Hartley et al. (61) konnten bei einem Vorliegen von starkem Mundgeruch eine signifikante Erhöhung sowohl der gesamten Bakterienmenge als auch explizit der gram-negativen Anaerobier, wie beispielsweise von *Porphyromonas*-, *Prevotella*- und *Fusiformen*-Spezies, feststellen. Dennoch deutet das Vorhandensein von diversen Bakterienarten auf dem Zungenrücken von Halitosispatienten darauf hin, dass Halitosis eher durch komplexe Interaktionen vieler unterschiedlicher Bakterienarten als durch das Vorliegen von wenigen dominanten Arten erzeugt wird (61, 62). Die stärkste Assoziation zum Vorliegen von Zungenbelag wird in der Qualität der Mundhygiene gesehen. Weitere Faktoren, die jedoch eine untergeordnete Rolle einnehmen, sind die

parodontale Situation, das Rauchverhalten, Diäten und das Tragen von herausnehmbarem Zahnersatz (63). Zurfluh et al. (13) konnten zudem nach Insertion von festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen eine signifikante Zunahme des Zungenbelags der Probanden ermitteln.

Erkrankungen des Parodonts sind ein weiterer Ursprung von Halitosis. (Abb. 4) Romano et al. (64) identifizierten Parodontitis und Gingivitis bei ca. jedem Dritten als primäre Ursache für die Entstehung von Mundgeruch. In Kombination mit vermehrtem Zungenbelag waren parodontale Erkrankungen sogar bei mehr als jedem Zweiten die Hauptursache für üble Ausatemluft. Coil und Tonzetich (65) ermittelten bei Patienten mit tiefen (Sondierungstiefe  $\geq 4\text{mm}$ ) oder entzündeten [Bleeding on Probing (BoP) = 1] Zahnfleischtaschen, dass im Vergleich zu Patienten ohne parodontale Erkrankung ein signifikant größeres Verhältnis von Methylmercaptan zu Schwefelwasserstoff vorliegt. Des Weiteren wiesen sie in den tiefen und entzündeten Bereichen eine signifikant größere Schwefelmenge als in gesunden Bereichen nach. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang konnte zudem zwischen dem Schweregrad der Parodontitis und der Höhe der VSC-Konzentration in der Atemluft gefunden werden (39).



Abbildung 4: Darstellung von Gingivitis im Ober- und Unterkieferfrontzahnbereich während Multibracketbehandlung

## **Extraorale Ursachen**

Neben den intraoralen Ursachen gibt es für Halitosis zu ca. 8% eine extraorale Ursache. Der extraorale Ursprung ist vielfältig. Erkrankungen des Atemtraktes, gastrointestinale Erkrankungen, Lebererkrankungen, hämatologische und endokrinologische Erkrankungen sowie bestimmte metabolische Bedingungen können für Halitosis verantwortlich sein. (48)

Im Gegensatz zu der intraoralen Halitosis, bei der Methylmercaptan und Schwefelwasserstoff den Großteil der VSCs bilden, stellt Dimethylsulfid die Hauptkomponente der VSCs der extraoralen Halitosis dar (66).

Halitosis entsteht extraoral überwiegend im Hals-Nasen-Ohren-Bereich (HNO). Im HNO-Bereich ist Tonsillitis die primäre Ursache, gefolgt von Sinusitis. Seltener sind beispielsweise Erkrankungen wie die chronische Rhinitis oder Diphtherie ursächlich. Durch die starke muskuläre Abdichtung liegt im Magen-Darm-Trakt nur äußerst selten die Ursache für Halitosis ( $<0,1\%$ ) (16). Infektionen des Magens mit *Helicobacter pylori* werden jedoch mit Halitosis in Verbindung gebracht (67).

Ein weiterer Ursachenkomplex für Halitosis ist in den systemischen Pathologien zu finden. Diabetes mellitus Typ 1 kann zu einem Azetongeruch der Ausatemluft führen und auch Erkrankungen der Leber und Nieren können durch die Abgabe flüchtiger Stoffe in den Blutkreislauf den Geruch der abgeatmeten Luft beeinflussen (16).

Im Bereich der Lebererkrankungen konnte beispielsweise ein Zusammenhang zwischen der viralen Hepatitis und der auf Dimethylsulfid beruhenden Halitosis gefunden werden (68). Zudem kann die Einnahme bestimmter Arzneimittel sowohl direkt durch die Bildung von Metaboliten als auch indirekt durch die Erzeugung einer Hyposalivation zur Entstehung von Halitosis beitragen (16).

### **2.1.4 Diagnostik von Halitosis**

Die Diagnostik von Halitosis dient zum einen der Beurteilung ob bzw. in welchem Maße ein unangenehmer Geruch vorhanden ist, und zum anderen, wo der Ursprung der individuellen Halitosis liegt (19, 21). Bevor die klinische Untersuchung beginnt, sollte eine ausführliche Anamnese bezüglich der eingenommenen Medikamente und der bestehenden Erkrankungen aufgenommen werden. Unterstützend sollte ein Fragebogen hinsichtlich der Oralhygiene und der zahnärztlichen Vorgeschichte ausgefüllt werden, der von einem spezifischen Fragebogen zu dem jeweiligen Beschwerdebild der Halitosis ergänzt wird (8). Seemann et al. (69) konnten in einer Berliner Mundgeruchssprechstunde eine hohe Prävalenz (25%) von Pseudohalitosis feststellen. Liegt eine unerkannte Pseudohalitosis vor, so kann dies zu unnötigen Untersuchungsmaßnahmen führen und klassische Therapieansätze können scheitern. Aus diesem Grund muss primär analysiert werden, ob eine echte Halitosis vorliegt (21).

Bei der Diagnostik der echten Halitosis zählen die organoleptische Messung und die instrumentelle Messung mittels Gaschromatograph oder Sulfidmonitor zu den häufigsten eingesetzten Methoden. Die organoleptische Messung durch eine Jury und die Verwendung eines Gaschromatographen liefern verlässliche Ergebnisse, jedoch sind beide Methoden in der Praxis schwierig umzusetzen und zudem mit hohen Kosten verbunden. Im Vergleich zu den Sulfidmonitoren sind mit Gaschromatographen genauere Messungen von bestimmten Gasen möglich, jedoch ist die Nutzung von Sulfidmonitoren kostengünstiger und klinisch besser umsetzbar (56). Um die ursächliche Quelle der Halitosis eingrenzen zu können, sollte die Ausatemluft aus dem Mund, der Nase und der Lunge möglichst getrennt untersucht werden (21).

Neben den primären Untersuchungsmethoden gibt es weitere Diagnoseverfahren, wie beispielsweise den benzoyl-DL-arginine-naphtylamide-Test (BANA-Test), die Quantifizierung der beta-Galactosidase Aktivität oder die Testung mittels Polymerasekettenreaktion (56). Eine weitere instrumentelle Alternative zur direkten klinischen Messung von Halitosis ist in den elektronischen Nasen zu finden (70).

## **Organoleptische Messung**

Unter dem organoleptischen Messverfahren versteht man die Bewertung der Intensität der Ausatemluft mit Hilfe des menschlichen Geruchssinns (21, 48). Da der Mundgeruch anderer Personen durch das olfaktorische System wahrgenommen wird, dient die organoleptische Messung als probates Mittel zur Bewertung, ob bzw. wie intensiv Mundgeruch bei den Betroffenen ausgeprägt ist (71). Für die Untersuchung sind keine speziellen Geräte notwendig, wodurch diese Methode in der Praxis gut umsetzbar ist (24) und am häufigsten in Halitosisstudien angewandt wird (72). Um das Vermischen von Ausatemluft und Raumluft zu vermeiden, kann beispielsweise ein Strohhalm verwendet werden, in den der Patient auf der einen Seite ausatmet und an dem der Juror auf der anderen Seite riecht. Zur Vermeidung eines Schamgefühls kann zudem eine Trennwand zwischen dem Betroffenen und dem Juror errichtet werden (24). Ein internationaler Konsens-Workshop beschreibt die organoleptische Messung sogar als „obligatorisch“ bei der Halitosisdiagnostik, selbst wenn instrumentelle Diagnoseverfahren eingesetzt werden (8). In der Literatur wird jedoch die Subjektivität des Messverfahrens kritisiert. Durch die variierende Geruchswahrnehmung unter verschiedenen Juroren sind die Messergebnisse nur bedingt miteinander vergleichbar (24, 71).

Obwohl prinzipiell ein Juror mit gut ausgeprägtem Geruchssinn zur Geruchsbewertung ausreichend ist, empfiehlt es sich, einen weiteren erfahrenen Juror in seiner Praxis zu haben, für den Fall, dass der Hauptjuror ausfällt oder sich bei einem Patienten unsicher sein sollte. Eine zweite, neutrale Meinung kann vor allem zur Bestätigung einer Pseudohalitosis dienen (8).

Eine häufig verwendete Skala zur Unterteilung der verschiedenen Schweregrade ist die von Rosenberg et al. (73). Hierbei ordnet der Behandler die Ausatemluft des Patienten in die aufsteigenden Schweregrade von 0-5 ein. Während bei Grad 0 kein Mundgeruch vorliegt, liegt bei Grad 5 ein extremer, fauliger Geruch vor.

Im Gegensatz zu der o.g. Skala kann die Intensität des Mundgeruchs auch durch den Abstand zum Patienten bei der Messung bestimmt werden. Sollte bereits bei einem Abstand von mindestens einem Meter zum Patienten ein unangenehmer Geruch beim Ausatmen oder Sprechen des Patienten zu riechen sein, so liegt Grad 3 vor. Grad 2 beschreibt einen bemerkbaren Geruch in der Entfernung von 30 cm und Grad 1 in der Entfernung von 10 cm (16).

## **Instrumentelle Messverfahren**

### **Gaschromatographen**

Die Halitosismessung mit einem Gaschromatographen gilt als ein objektives und gut reproduzierbares Messverfahren, das mit Hilfe eines flammenphotometrischen Detektors oder Massenspektrometers das Vorhandensein und die Spezifität von VSCs und weiteren Verbindungen (z.B. Indole) in der Ausatemluft nachweisen kann (24, 48, 74). VSC-Konzentrationen, die mittels Gaschromatographie gemessen werden, korrelieren stark mit dem organoleptisch gemessenen Schweregrad der Halitosis (24). Im Gegensatz zu den Sulfidmonitoren ist durch die Gaschromatographen eine Differenzierung der 3 Haupt-VSCs möglich. Da die Gaschromatographen sensitiv für Dimethylsulfid sind, das vor allem bei einer extraoralen Halitosisursache vorliegt, kann durch sie eine extraorale Ursache identifiziert werden (75). Die jeweiligen Konzentrationen der VSCs werden bei der Verwendung eines Gaschromatographen basierend auf Standardkonzentrationen aus 10 ml Ausatemluft ermittelt und in ng/10 ml (76) oder in ppb (nmol/mol) angegeben (4). Der Nachteil dieser Methode liegt in den komplexen Geräten, die für diese Messmethode benötigt werden und mit denen klinisch Tätige nicht vertraut sind (77). Zudem ist der Zeit- und Kostenaufwand bei diesem Messverfahren hoch und wird daher nur selten in der Praxis angewandt (48, 74). Ein moderner Gaschromatograph, der chairside angewandt werden und dennoch intra- und extraorale Halitosis differenzieren kann, ist beispielsweise der OralChroma™ (Abilit Corporation, Japan). Vorteile dieses Gerätes sind unter anderem die geringeren Anschaffungskosten und die einfachere Handhabung im Vergleich zu konventionellen Gaschromatographen (75).

### **Sulfidmonitore**

Ein weiteres Gerät zur chairside Halitosismessung ist der Sulfidmonitor. Sulfidmonitore enthalten eine Pumpe, die durch einen Strohhalm Luft aus dem Mundraum des Patienten saugt. Die Luftprobe wird zu einem Sensor geleitet und die Gesamtmenge der VSCs wird gemessen und direkt auf dem Display in der Einheit ppb angegeben (66, 73). Eine Differenzierung der unterschiedlichen VSCs ist nicht möglich und andere, übelriechende Verbindungen, wie beispielsweise Putreszin, Cadaverin und Buttersäure können mittels Sulfidmonitor nicht nachgewiesen werden (78). Mit einem Sulfidmonitor kann vor allem das Vorkommen von Schwefelwasserstoff



gemessen werden; die Messsensitivität für das Vorliegen von Methylmercaptan und Dimethylsulfid beträgt im Vergleich lediglich ca. 50% (73). Daher ist ein Sulfidmonitor, wie das Halimeter® (Interscan Corporation, CA, USA), zur Detektion der extraoralen Halitosis ungeeignet und eignet sich vornehmlich zur Anwendung bei klinischen Studien zur Bestimmung intraoraler Halitosis (66). Das Halimeter® ist relativ kostengünstig und einfach zu bedienen; jedoch sollte in Studien, die präzise Messungen der VSC-Werte benötigen, ein Gaschromatograph verwendet werden (79). Die Anwendung des Halimeters® ist in Kapitel 3.2.7 Instrumentelle Messung der Halitosis beschrieben. Abbildung 5 zeigt ein Halimeter im Ruhezustand.

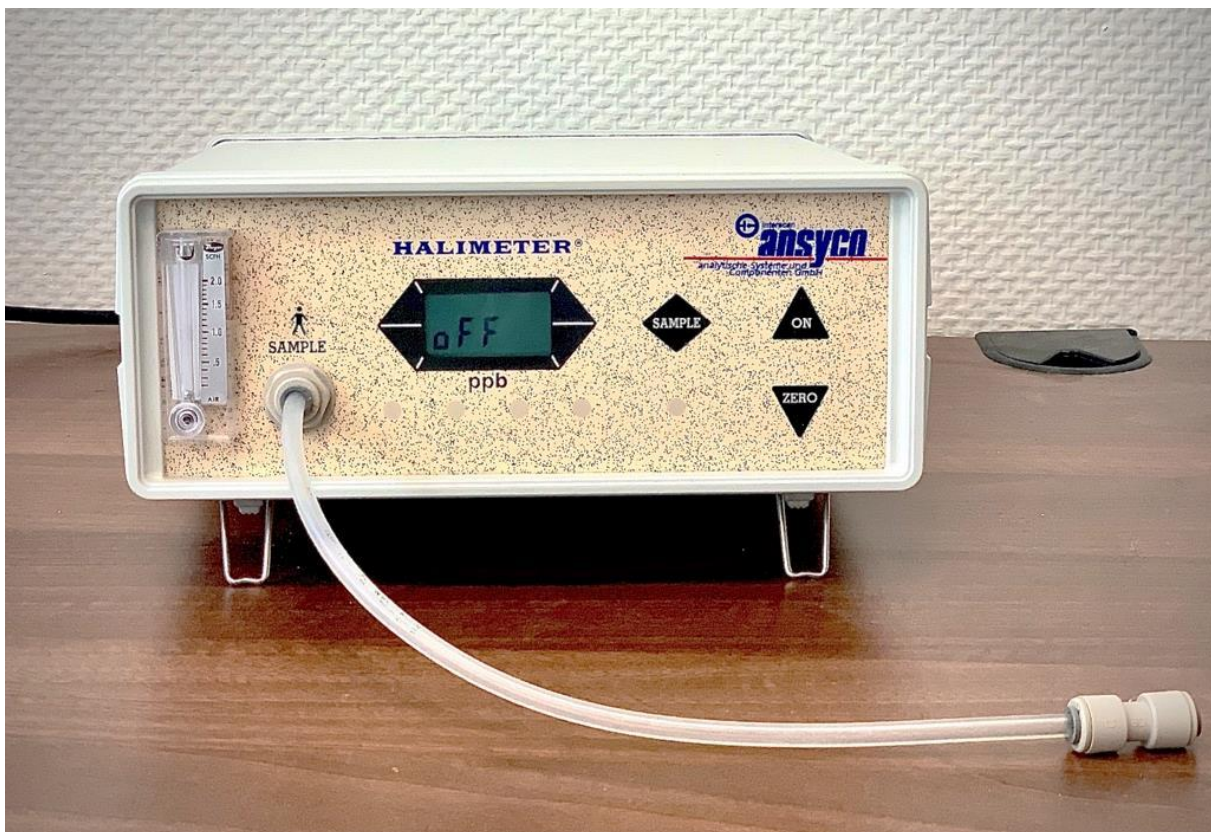


Abbildung 5: Halimeter® zur Messung der VSC Konzentration

### 2.1.5 Therapie der Halitosis

Halitosis kann gezielt behandelt werden, sobald die Ursache klinisch erkannt worden ist. Daher ist es essenziell für den Therapieerfolg, dass eine genaue Untersuchung zur Bestimmung der Ursache stattfindet (48). Nach Quirynen, Zhao und van Steenberghe (80) könne die intraorale Halitosis prinzipiell durch folgende Therapieansätze behandelt werden: Reduktion der intraoralen Gesamtbakterienmenge, Reduktion der Nährstoffe, durch deren Abbau übelriechende Gase entstehen können,

Transformation flüchtiger Schwefelverbindungen in nicht-flüchtige und die Therapie lediglich durch Maskierung der üblen Ausatemluft. Falls die Ursache der Halitosis jedoch systemischen bzw. extraoralen Ursprungs ist oder für das Aufsuchen des Zahnarztes eine ernsthafte psychologische Ursache zugrunde liegt, so sollte ein Facharzt oder Psychologe konsultiert werden (81).

Das Therapiekonzept der Universität Basel empfiehlt die ursachenbezogene Unterteilung der intraoralen Halitosis zur Therapiefindung in vier Kategorien: Halitosis durch Xerostomie, Halitosis durch parodontale Erkrankungen, Halitosis durch Zungenbelag und Halitosis durch insuffiziente Restaurationen (21).

Bei Vorliegen einer Xerostomie sollten mögliche Ursachen in einem Gespräch mit dem Betroffenen erörtert werden. Beispielsweise können Angewohnheiten wie Rauchen oder starker Kaffeekonsum bereits ursächlich sein und durch den Betroffenen selbst verändert werden (16). Falls die Einnahme bestimmter Medikamente bei dem Patienten zu einer Mundtrockenheit führt, so sollte das Gespräch mit dem behandelnden Facharzt folgen und Möglichkeiten zur Verbesserung der Situation diskutiert werden (21).

Die Intensität der Halitosis, die in Bezug zu parodontalen Erkrankungen steht, kann bereits durch nicht-chirurgische Parodontitistherapie verbessert werden und sollte durch Mundhygieneinstruktionen ergänzt werden (82).

Karies, insuffiziente Restaurationen und Füllungen sollten therapiert werden und die Veränderung der Mundgeruchsintensität bei einem Folgetermin überprüft werden (16, 21).

Da Zungenbelag von einigen Autoren als Hauptursache für die Entstehung der intraoralen Halitosis verantwortlich gemacht wird (9, 10), spielt die Zungenreinigung eine essentielle Rolle bei der Therapie der intraoralen Halitosis (83). Probanden, die zu einer systematischen Zungenreinigung, wie der X-Technik, angeleitet wurden, wiesen im Vergleich zu Probanden ohne definiertes Vorgehen bei der Zungenreinigung sowohl geringere Messwerte bei der Halitosisintensität als auch bei der Gesamtbakterienanzahl auf (84). Zungenbelag kann mit Hilfe eines Zungenschabers oder einer Zahnbürste entfernt werden. Eine größere Reduktion der VSCs war jedoch bei der Verwendung eines Zungenschabers zu beobachten (83).

Bei erschwerter Mundhygiene eignet sich die Verwendung von Antiplaque-Agentien, wie Chlorhexidin (85), die zur Reduktion der VSCs führen und der Verbesserung der Ausatemluft dienen (86). Maskierungen des Geruchs durch beispielsweise Kaugummi können lediglich der vorübergehenden Verbesserung der Ausatemluft dienen.



Während in der ersten Stunde nach dem Kauen von mentholhaltigem Kaugummi eine Reduktion des Organoleptischen Scores erfolgte, konnte nach drei Stunden keine Veränderung der VSC-Messwerte oder des Organoleptischen Scores mehr festgestellt werden (87). Ebenso konnte eine temporäre Verbesserung der Halitosisintensität nach dem Kauen von Kaugummis festgestellt werden, die beispielsweise Zinkacetat und Magnolienrindenextrakt, Eukalyptusextrakt, Zinkacetat mit Allylisothiocyanat oder Probiotika, wie beispielsweise Lactobazillen, enthalten (88).

## **2.2 Kieferorthopädische Apparaturen**

In diesem Abschnitt werden die untersuchten kieferorthopädischen Apparaturen kurz dargestellt. Apparaturen, die nicht in die Studie integriert wurden, wie beispielsweise extraoral sitzende Apparaturen, werden hier nicht weiter erläutert.

### **2.2.1 Aligner**

Die Ansprüche der Patienten an kieferorthopädische Behandlungen beinhalten heute auch den Wunsch nach ästhetischen Apparaturen während der gesamten Therapie (89). Durchsichtige Aligner bieten für Patienten mit hohen Ansprüchen an Ästhetik und Komfort eine Alternative zu konventionellen festsitzenden Apparaturen (90). Der Überbegriff der Aligner-Therapie beinhaltet eine Vielzahl verschiedener Apparaturen, die sich in ihren Eigenschaften, wie beispielsweise der Wirkungsweise, der Konstruktionsmethode und dem Anwendungsgebiet unterscheiden. Alle Aligner haben jedoch gemein, dass sie aus durchsichtigem Kunststoff bestehen und viele oder sogar alle Zähne des Patienten bedecken (91). Eine Befragung von volljährigen Probanden ergab, dass sie die Therapie mit Alignern im Vergleich zu anderen kieferorthopädischen Apparaturen eher für sich selbst und auch für ihre Kinder akzeptieren würden (92). Bei einer Studie mit minderjährigen Probanden zeigten sich ähnliche Ergebnisse. Aligner wurden auch hier als ästhetisch ansprechendste kieferorthopädische Apparatur bewertet (93).

Bereits 1945 wurde die mögliche Bewegung der Zähne ohne die Verwendung von Bändern, Brackets oder Drähten von Kesling (94) beschrieben. Er berichtete über eine flexible Apparatur zur Positionierung der Zähne. Diese Ansätze wurden weiterentwickelt durch die Vorteile der transparenten, thermoplastischen Materialien und durch den Einsatz fortschrittlicher Computertechnologie, mit der beispielsweise

die Bewegung der Zähne über den gesamten Behandlungsablauf simuliert werden kann. Eine Recherche aus dem Jahre 2015 ergab, dass zu diesem Zeitpunkt bereits mindestens 27 verschiedene Alignerprodukte auf dem Markt erhältlich waren. Das klinisch am häufigsten verwendete Alignerprodukt ist das seit 1998 von der Food and Drug Administration (FDA) genehmigte Invisalign®-System (91).

AlignTechnology, Inc. (Santa Clara, CA, USA) entwickelte das Invisalign®-System, mit dem durch die Kombination aus Computer-aided Design / Computer-aided Manufacturing (CAD/CAM; computergestützte Konstruktion und Fertigung) und Labortechniken individuelle Schienen hergestellt werden, die eine ästhetische und herausnehmbare kieferorthopädische Behandlung ermöglichen (95). Sowohl Aligner als auch festsitzende Zahnspangen können effektiv zur Behandlung von Gebissfehlstellungen genutzt werden. Während Aligner Vorteile in segmentierten Zahnbewegungen und verkürzte Behandlungszeiten aufzeigen, ist die Einstellung von okklusalen Kontakten, die Kontrolle der Torquebewegung der Zähne und die Retention vergleichsweise weniger effektiv (96).

Ein weiterer positiver Aspekt der Aligner-Therapie wurde von Mulla Issa et al. (97) beschrieben. Sie stellten fest, dass die parodontalen Parameter der untersuchten Probanden signifikant bessere Werte im Vergleich zu den Probanden mit konventionellen Brackets aufwiesen. Diese Beobachtung konnte in einer Studie von Azaripour et al. (98) bestätigt werden. Im Vergleich von Patienten mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur und Invisalign®-Patienten stellten sie bei den Invisalign®-Patienten einen besseren parodontalen Gesundheitszustand und eine bessere Lebensqualität während der Behandlung fest.

## **2.2.2 Vestibulär festsitzende Zahnspangen**

Die Behandlung mit festsitzenden Apparaturen ist die meistverwendete Methode zur Therapie der Großzahl aller Dysgnathieformen (99, 100). Festsitzende Apparaturen können während des Therapiezeitraums von den Patienten nicht abgenommen werden und bieten verschiedenste Bewegungsmöglichkeiten der Zähne, wie beispielsweise Torque- und Translationsbewegungen (101). Auch bei minimaler Compliance der Patienten können somit dreidimensionale Stellungskorrekturen durchgeführt und eine suffiziente Okklusion erreicht werden (102). Die primär verwendeten kieferorthopädischen Elemente sind hierbei Brackets, Tubes, Bänder, Ligaturen und Bögen (100). Heutzutage existieren verschiedene

Behandlungstechniken. Sowohl Teilbogen- als auch Vollbogentechniken werden angewandt, die Information über die geplante Zahnbewegung kann entweder im Bracket oder im Bogen selbst integriert sein und auch die Querschnittsformen der verwendeten Bögen können sich unterscheiden (101).

### 2.2.3 Lingual festsitzende Zahnspangen

Die Insertion einer kieferorthopädischen Apparatur auf die Innenseite der Zähne bringt sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich. Die sichtbaren bukkalen Flächen der Zähne bleiben unversehrt und Entzündungen des vestibulären Bereichs der Gingiva werden reduziert. Zudem kann die Ausrichtung der Zähne besser überwacht werden. Um ein exaktes Ergebnis erzielen zu können, sind indessen indirekte Klebverfahren notwendig (103).

Die orale Bracketposition (Abbildung 6) bietet ästhetische Vorteile im Vergleich zu vestibulären MB-Apparaturen, jedoch kann die Sprache der Patienten durch die orale Lage der Brackets beeinträchtigt werden und Schmerzen, vor allem im Bereich der Zunge, können auftreten (104). Das Vorkommen von Demineralisationsprozessen sowie frühen kariösen Läsionen ist hierbei verringert (104, 105).

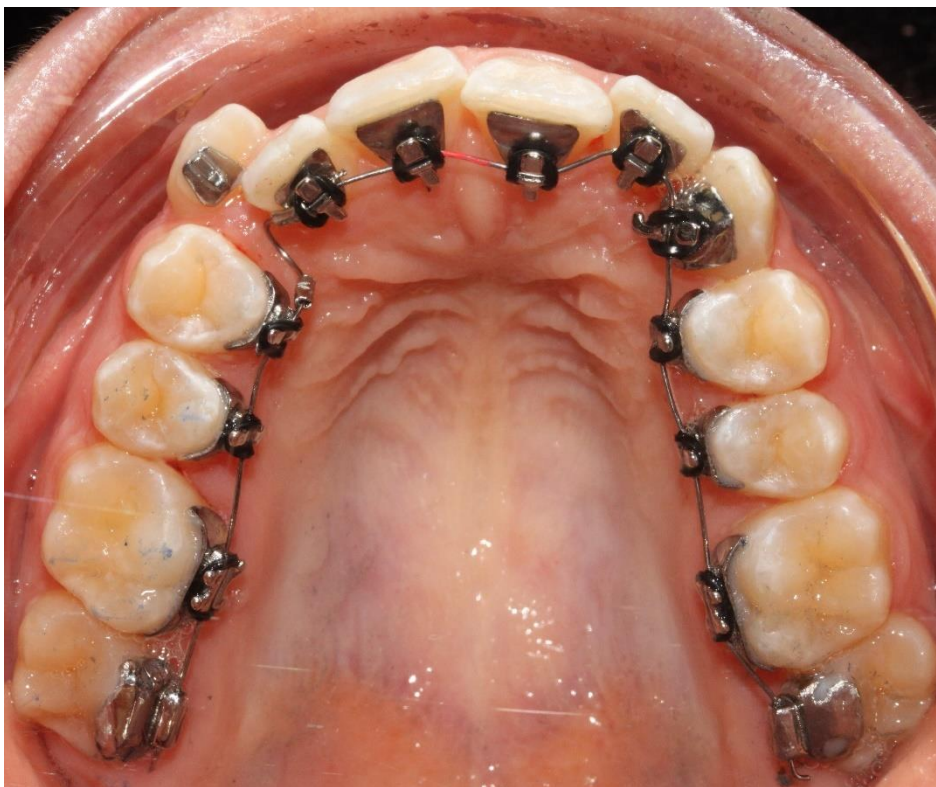


Abbildung 6: Intraoralaufnahme des Oberkiefers während der Therapie mit einer oral festsitzenden MB-Apparatur

## 2.2.4 Herausnehmbare Zahnspangen

Da in unserer Studie keine extraoralen, abnehmbaren Geräte untersucht wurden, wird in diesem Abschnitt lediglich auf die intraoralen abnehmbaren Geräte eingegangen.

Die intraoralen herausnehmbaren Apparaturen lassen sich in Platten und funktionskieferorthopädische Apparaturen unterteilen. Aktive Platten dienen vorwiegend der sagittalen und transversalen Gestaltung der Zahnbögen. Durch Modifikationen, wie beispielsweise Gummizüge, lässt sich der Funktionsbereich der aktiven Platten vergrößern. Passive Platten dienen hingegen der Retention (101). (Abbildung 7)

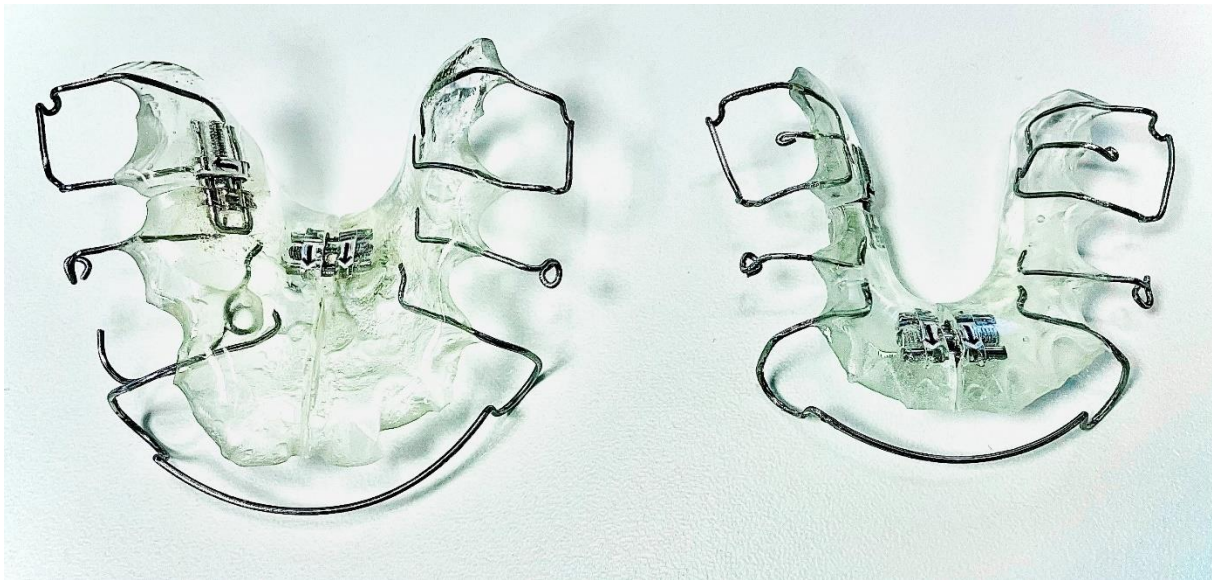


Abbildung 7: aktives Plattenpaar (links Oberkiefer, rechts Unterkiefer) mit je einer Distalschraube, transversalen Dehnschraube sowie verschiedenen Drahtelementen

Davon zu unterscheiden sind die funktionskieferorthopädischen Geräte. Hierbei werden die körpereigenen Kräfte der Kaumuskulatur genutzt. Die Kraftübertragung erfolgt auf die funktionskieferorthopädischen Apparaturen (106). Diese Kräfte werden zur Veränderung der Funktionsmuster des Patienten genutzt und ermöglichen somit die Gestaltung einer neuen Lagebeziehung der Zähne und Kiefer zueinander (101). Funktionskieferorthopädische Apparaturen lassen sich grob in 3 Gruppen unterteilen: bimaxilläre Apparaturen, Doppelplattensysteme und Apparaturen, die auf der Funktionsweise der Mundvorhofplatte beruhen (106).

## 2.3 Intraorale Veränderungen während kieferorthopädischer Behandlung

### 2.3.1 Veränderung der intraoralen Bakterienflora

Plaque ist ein komplexer Biofilm, der parodontal schädlichen Bakterien Schutz und Nährstoffe bietet. Die mikrobielle Besiedlung kann durch multiple Faktoren, wie beispielsweise durch die Insertion von Brackets oder andersartigen Restaurationen, beeinflusst werden (107). Die Therapie mit kieferorthopädischen Apparaturen kann die Zunahme sub- und supragingivaler Beläge fördern und zu Veränderungen der Gesamtheit der intraoralen Mikroorganismen führen. Als Nebenwirkungen von kieferorthopädischen Behandlungen werden somit Entkalkungen des Zahnschmelzes und Erkrankungen des Parodonts genannt (108). Lee et al. (109) konnten in subgingivalen Zahnbelägen von Erwachsenen, die mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen therapiert wurden, ein erhöhtes Vorkommen der Keime *Tannerella forsythia*, *Treponema denticola* und *Prevotella nigrescens* im Vergleich zu einer Kontrollgruppe feststellen. Zudem wird in der Literatur über ein vermehrtes Auftreten von *Mutans-Streptokokken* (110) sowie einer Verschlechterung der parodontalen Parameter (z.B. BoP) (111) bei Patienten in kieferorthopädischer Behandlung berichtet. Auch nach antimikrobieller Therapie mit Chlorhexidin konnte vermehrt eine erneute Proliferation von *Mutans-Streptokokken* auf Zahnoberflächen mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen nachgewiesen werden, da dort eine günstige Umgebung für die erneute Besiedlung gegeben ist (112). Durch Veränderungen der Bracketoberfläche, wie beispielsweise durch Modifizierung mit Silbernanopartikeln, kann jedoch die Adhäsion von *Mutans-Streptokokken* und das Kariesrisiko verringert werden (113). Nach Entfernung der kieferorthopädischen Apparaturen stellen sich die parodontalen Parameter und die mikrobielle Zusammensetzung in der Regel in den Bereich der prätherapeutischen Messwerte ein (108). Über die Auswirkungen von Alignern auf das orale Mikrobiom herrscht in der Literatur keine einheitliche Meinung (114, 115). Wang et al. (114) stellten eine Dysbiose des oralen Mikrobioms sowohl bei Invisalign® Patienten als auch bei Patienten mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur fest. Zhao et al. (115) beobachteten hingegen keine signifikanten Veränderungen der oralen Biodiversität und der mikrobiellen Struktur des Speichels während der Behandlung mit Invisalign® und vermuteten einen Zusammenhang zur verbesserten Mundhygiene ihres Probandenkollektivs.

### **2.3.2 Einschränkungen der Mundhygiene und deren Folgen**

Die Mundhygiene ist während der kieferorthopädischen Therapie erschwert, da durch die Insertion einer kieferorthopädischen Apparatur retentive Bereiche entstehen, die eine vermehrte Ansammlung von Biofilmen ermöglichen. Behandlungen mit festsitzenden oder herausnehmbaren Apparaturen können die intraorale Bakterienflora verändern und das Kariesrisiko der Patienten erhöhen (14). Zudem können die, von Brackets und Bögen erzeugten, retentiven Bereiche die Bildung flüchtiger Schwefelverbindungen begünstigen und somit ursächlich für die Entstehung von Halitosis sein (12). Patienten mit Multibracketapparatur sind dazu angehalten, penibel auf ihre Mundhygiene zu achten, da im gesamten Therapiezeitraum eine erhöhte Gefahr für Schädigungen des Zahnschmelzes, die Ausbildung kariöser Läsionen und die Entstehung von Entzündungen der Gingiva besteht (101).

Eine häufig beobachtete Nebenwirkung kieferorthopädischer Behandlungen sind die sogenannten White Spots (116, 117). Hierbei handelt es sich um Schmelzporositäten, die durch kariöse Demineralisierungsvorgänge entstehen. Sie präsentieren sich klinisch als weißliche Opazitäten auf der Schmelzoberfläche, die weicher als das umliegende Schmelzareal sind. Die Inzidenz von White Spots während Therapie mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen liegt bei 45,8% und die Prävalenz bei 68,4% (117). Im Vergleich von vestibulär und lingual geklebten Brackets wurde ein geringerer Inzidenzwert kariöser Läsionen während der Therapie mit lingual geklebten Brackets beobachtet (118).

Bereits Faktoren wie das Design der Brackets, haben Einfluss auf die Bakterienmenge und auf die Veränderungen parodontaler Parameter (119). Zudem konnten bei verschiedenen Materialien der Ligaturen unterschiedliche Werte in der Bakterienadhäsion und im Bakterienwachstum festgestellt werden. Elastische Ligaturen wiesen die höchsten Werte auf, während Ligaturen aus rostfreiem Stahl die niedrigsten zeigten (100).

Während der Therapie mit Alignern, wie beispielsweise Invisalign®, ließen sich im Therapieverlauf bessere Werte der parodontalen Parameter als bei Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen beobachten (97, 98, 120). Invisalign® wirkt durch die vereinfachte Mundhygiene sanfter auf das Zahnfleisch (98) und beeinflusst die generelle Mundgesundheit der Patienten nur geringfügig (121).

## **2.4 Lebensqualität während kieferorthopädischer Behandlung**

Die World Health Organization Quality of Life (WHOQOL)-Gruppe beschreibt Lebensqualität als die Selbstwahrnehmung der Lebensumstände von Individuen, bezogen auf deren Kultur, das Wertesystem, in dem sie leben und im Hinblick auf die Erwartungen, Ansprüche, Ziele und Bedenken in ihrem Leben. Somit beruht die Lebensqualität auf einer subjektiven Wahrnehmung, die in einem kulturellen, sozialen und umgebungsbedingten Zusammenhang zu sehen ist (122).

Das Bestehen einer Malokklusion kann die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität (MLQ) von Individuen signifikant verschlechtern (123). Abweichungen der Ästhetik des Gesichtsbereiches von der Norm können von den Betroffenen selbst wahrgenommen werden und deren Lebensqualität somit beeinträchtigen. Eine attraktive äußere Erscheinung hat für junge Personen großen Einfluss auf die sozialen Beziehungen in ihrem Leben (124). Art und Ausmaß der jeweiligen Malokklusion prägen die MLQ der Individuen; bei Erwachsenen mit chirurgischer Klasse III-Malokklusion konnte beispielsweise eine schlechtere Lebensqualität als bei Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte nachgewiesen werden (125).

Vor allem zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung entstehen Schmerzen, die die Lebensqualität der Patienten signifikant beeinflussen können. Adäquate Beratung und Motivation sind wichtige Faktoren, durch die der Kieferorthopäde die Beschwerden lindern und somit die Lebensqualität seiner Patienten positiv beeinflussen kann (126). Jaeken et al. (15) stellten eine leichte Abnahme der MLQ während kieferorthopädischer Behandlung fest, die vermutlich auf die Beschwerden durch die kieferorthopädische Apparatur und das Aussehen zurückzuführen ist. Nach abgeschlossener Behandlung ermittelten sie hingegen Messwerte der MLQ, die die prätherapeutischen Werte übertrafen.

Ähnliche Erkenntnisse konnten in einer Studie bei brasilianischen Kindern gewonnen werden. Die kieferorthopädische Therapie mit festsitzender Apparatur resultierte in einer erhöhten MLQ nach 2 Jahren (127).

Vergleiche der Veränderungen der generellen MLQ während Aligner- und festsitzender Behandlung waren bei limitierter Studienlage uneindeutig (128).

Auf psychologischer Ebene konnte ein positiver Einfluss der kieferorthopädischen Behandlung nachgewiesen werden. Die therapierten Individuen zeigten sowohl ein erhöhtes Selbstvertrauen als auch vermehrte soziale Interaktivität auf und ihre Lebensqualität verbesserte sich im Bereich der Ästhetik und Funktionalität (129).

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1 Studiendesign**

Es handelt sich bei der vorliegenden Studie um eine prospektive Single-Center-Studie. Die Untersuchung erfolgte an Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

Das positive Votum der Ethikkommission Rheinland-Pfalz über den eingereichten Ethikantrag Nummer 10956 war Voraussetzung zum Start der Untersuchungen.

In einem Alter zwischen elf und siebzehn Jahren wurden  $n = 37$  Jugendliche in die Studie aufgenommen. Vor Studienbeginn wurden die Probanden und deren Erziehungsberechtigte mündlich und schriftlich über den Studienablauf informiert. Eine schriftliche Einverständniserklärung musste vor Beginn der Untersuchungen von den Probanden und deren Erziehungsberechtigten unterzeichnet werden.

Zwei Probanden schieden aus der Studie aus persönlichen bzw. zeitlichen Gründen aus, wodurch sich eine Gesamtzahl von  $n = 35$  untersuchten Probanden ergibt.

Es wurden fünf Patientenkollektive untersucht und miteinander verglichen. Jede Gruppe umfasste sieben Probanden:

1. Jugendliche ohne Zahnspange (Kontrollgruppe)
2. Jugendliche mit vestibulär festsitzender Zahnspange
3. Jugendliche mit herausnehmbarer Zahnspange
4. Jugendliche mit Alignern
5. Jugendliche mit lingual festsitzender Zahnspange

Die Ausschlusskriterien wurden wie folgt definiert:

1. Endokarditis in der Anamnese/erhöhtes Endokarditisrisiko
2. Zweifel an der Einsichtsfähigkeit bzw. keine Einsichtsfähigkeit des Patienten
3. Patienten mit fehlender Einwilligungsfähigkeit

Die Patienten wurden an insgesamt vier Terminen untersucht. Die Baseline Untersuchung fand direkt vor Insertion der kieferorthopädischen Apparatur statt. Die weiteren Untersuchungstermine erfolgten vier, acht und zwölf Wochen nach Insertion der Apparatur. Jeder Studientermin umfasste ca. 45 Minuten. Mindestens eine Stunde



vor den Terminen durften die Patienten nicht getrunken/ gegessen/ geraucht oder Mundhygienemaßnahmen durchgeführt haben.

Zu Beginn jedes Studientermins erfolgte die klinische Untersuchung. Der Parodontale Screening Index, Plaque Index nach Silness und Loe, Gingiva Index nach Silness und Loe, Zungenbelag-Index nach Miyazaki und der DMF/T-Index (decayed, missing, filled/teeth-index) wurden erhoben. Danach erfolgte die organoleptische Beurteilung, gefolgt von der instrumentellen Messung der Halitosis mit einem Halimeter®. Abschließend wurden von den Probanden zwei Fragebögen ausgefüllt. Vor Beginn der Studie fand die Kalibrierung des Untersuchers durch Ermittlung der Interrater-Reliabilität mit einem erfahrenen Behandler sowie durch Berechnung der Intrarater-Reliabilität statt. Sowohl die Interrater- als auch Intrarater-Reliabilität wurde durch das Cohens Kappa (130) berechnet. Da die Werte von  $\kappa$  stets  $> 0,80$  betrugen (siehe Tabelle 2), was als eine „nahezu perfekte“ Übereinstimmung bewertet werden kann (131, 132), wurde mit der Studie begonnen.

Tabelle 2: Übersicht über die Intra- und Interrater-Reliabilität vor Studienbeginn, ermittelt durch das Cohens Kappa (130)

|                         | PSI           | PI            | GI            | Organoleptische Messung |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------|
| Anzahl der Messpunkte   | n=18          | n=76          | n=80          | n=11                    |
| Intrarater-Reliabilität | $\kappa=1,00$ | $\kappa=0,91$ | $\kappa=0,94$ | $\kappa=1,00$           |
| Interrater-Reliabilität | $\kappa=1,00$ | $\kappa=0,89$ | $\kappa=0,91$ | $\kappa=0,84$           |

### 3.2 Klinische Untersuchungsparameter

Die klinische Untersuchung erfolgte zur besseren Beurteilbarkeit, sofern möglich, mit herausgenommener kieferorthopädischer Apparatur. Es wurden nacheinander der Parodontale Screening Index, der Plaque Index nach Silness und Loe, der Gingiva Index nach Silness und Loe, der Zungenbelag-Index nach Miyazaki und der DMF/T-Index gemessen.

#### 3.2.1 Parodontaler Screening Index

Der Parodontale Screening Index (PSI) wird klinisch zur Feststellung parodontaler Behandlungsnotwendigkeit verwendet. Der PSI ist eine Modifizierung des Community Periodontal Index of Treatment Need (CPITN), der von der World Health Organization (WHO) 1982 eingeführt wurde (133, 134). Während bei Jugendlichen unter 18 Jahren die Messung lediglich an den Zähnen 16, 11, 26, 36, 31, 46 erfolgt (sollte ein Zahn

fehlen, so erfolgt die Messung am Nachbarzahn), wird beim Erwachsenengebiss jeder Zahn untersucht (134). Das Erwachsenengebiss wird in Sextanten unterteilt. Es bilden die Seitenzähne (18-14, 24-28, 38-34, 44-48) und die Frontzähne (13-23, 33-43) die Sextanten. An jedem Zahn wird eine Sechspunktmessung durchgeführt (mesiobukkal, bukkal, distobukkal und an den korrespondierenden Stellen lingual/palatinal). Jedem Zahn wird ein Code zwischen 0 und 4 zugewiesen. Der höchste Wert jedes Sextanten wird notiert und bestimmt den Behandlungsbedarf (134, 135).

Bei Code 0 sind Gingiva und Parodont in einem gesunden Zustand, während bei Code 1 und 2 eine Gingivitis vorliegt. Bei Code 3 und 4 liegt eine Parodontitis mittelschweren bis schweren Ausmaßes vor (136). (Tab. 3) Es wurde der größte gemessene PSI-Code des Probanden notiert sowie ein Mittelwert aus allen Sextanten errechnet.

Tabelle 3: Codierung des PSI, Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Rukat und Kielbassa (136)

| <b>Code</b>   | <b>Befund</b>                                                                                                                         | <b>Therapie / Bedeutung</b>                                                                                                                |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Code 0</b> | <b>keine Blutung bei Sondieren</b> , Taschentiefe <3,5mm, kein Zahnstein, keine insuffizienten Restaurationsränder                    | <b>Kein Behandlungsbedarf</b>                                                                                                              |
| <b>Code 1</b> | <b>Blutung bei/nach Sondieren</b> , Taschentiefe <3,5mm, kein Zahnstein, keine insuffizienten Restaurationsränder                     | <b>Gingivitis</b><br><br>durch Zahnreinigung und Verbesserung der Mundhygiene zu therapieren                                               |
| <b>Code 2</b> | Blutung bei/nach Sondieren, Taschentiefe <3,5mm, <b>Zahnstein und/oder insuffiziente Restaurationsränder intraoral sicht-/tastbar</b> | <b>Gingivitis</b><br><br>durch Zahnreinigung, Verbesserung der Mundhygiene und Beseitigen der insuffizienten Restaurationen zu therapieren |
| <b>Code 3</b> | An mindestens einem der Messpunkt beträgt die <b>Taschentiefe mehr als 3,5mm, jedoch nicht mehr als 5,5mm</b>                         | <b>Mittelschwere Parodontitis</b><br><br>durch Zahnreinigung, Verbesserung der Mundhygiene und weiterführende Maßnahmen zu therapieren     |
| <b>Code 4</b> | <b>Taschentiefe &gt;5,5mm</b>                                                                                                         | <b>Schwere Parodontitis</b><br><br>Weiterführende Maßnahmen indiziert                                                                      |

Die Messungen erfolgten mit WHO-Sonden der Firma Hu-Friedy (PCP 11.5B; Hu-Friedy, Chicago, IL, US). Die WHO Sonde verfügt über eine Kugel an der Spitze mit einem Durchmesser von 0,5mm. Die Messung erfolgte atraumatisch mit einem Druck von ca. 0,25N (136). Der Bereich von 3,5mm-5,5mm ist auf der Sonde schwarz markiert. Weitere schwarze Markierungen sind bei 8,5mm und 11,5mm zu finden. (Abb. 8)



Abbildung 8: WHO Sonde mit Längenmarkierungen

### 3.2.2 Plaque Index nach Silness und Loe

Zur Überprüfung der Mundhygiene der Probanden wurde das Ausmaß der Plaquebesiedlung mit dem Plaque Index (PI) nach Silness und Loe bestimmt. Die Bewertung des PI-Grades erfolgte zuerst durch die rein optische Beurteilung des Plaqueaufkommens, das ohne weitere Hilfsmittel sichtbar war. Anschließend folgte die Bewertung der akkumulierten Plaquemenge, die mit einer zahnärztlichen Sonde entlang des Zahnfleischsaums entnommen wurde. Jeder Zahn wurde in vier gingivale Flächen unterteilt (mesial, distal, vestibulär, oral). Für jede Fläche wurde ein PI-Grad zwischen 0 und 3 notiert und ein Mittelwert wurde für jeden Zahn berechnet. Durch Dividieren der Summe aller Mittelwerte durch die Gesamtanzahl der Zähne des Probanden ergab sich der Gesamt-PI des Probanden (137).

Die verschiedenen PI-Grade sind in der nachfolgenden Tabelle 4 dargestellt:

Tabelle 4: Darstellung der verschiedenen Schweregrade des Pls nach Silness und Loe; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Loe (137)

| Schweregrad | klinische Zeichen                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grad 0      | Bereich des Gingivalsaums ohne Plaque                                                                   |
| Grad 1      | Plaque im Bereich des Gingivalsaums erst nach Entnahme mittels Sonde zu erkennen                        |
| Grad 2      | dünne-moderate Plaqueansammlung im Bereich des Gingivalsaums; ohne Hilfsmittel sichtbar                 |
| Grad 3      | ausgeprägte Plaqueansammlung im Bereich des Gingivalsaums; die Interdentalräume sind mit Plaque gefüllt |

### 3.2.3 Gingiva Index nach Silness und Loe

Der Gingiva Index nach Silness und Loe (GI) gibt Aufschluss über qualitative Veränderungen des gingivalen Weichgewebes. Quantitativ messbare Parameter, wie beispielsweise die Tiefe von Zahnfleischtaschen, werden hierbei nicht beachtet. Die Berechnung des Gesamt-GIs erfolgte analog zur Berechnung des Pls (siehe Kapitel 3.2.2). Vor der Bewertung wurde der untersuchte Bereich mit Luft trocken gepustet und eine stumpfe PA-Sonde (PCPUNC 15; Hu-Friedy, Chicago, IL, US) wurde entlang des Zahnfleischsaums gestrichen (137). Eine Erläuterung der GI-Grade ist in Tabelle 5 aufgezeigt.

Tabelle 5: Bewertung der Gingiva und klinische Zeichen der verschiedenen Schweregrade des GIs nach Silness und Loe; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Loe (137)

| Schweregrad | Bewertung der Gingiva           | klinische Zeichen                                                                                                                 |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grad 0      | normale, gesunde Gingiva        | keine pathologischen Veränderungen der Gingiva sichtbar                                                                           |
| Grad 1      | leicht entzündete Gingiva       | leichtes Ödem und Farbveränderungen sichtbar, durch Streifen der Sonde entlang des Zahnfleischsaums entsteht <i>keine Blutung</i> |
| Grad 2      | moderate Entzündung der Gingiva | glasige, gerötete Gingiva, Ödem durch Streifen der Sonde entlang des Zahnfleischsaums entsteht <i>eine Blutung</i>                |
| Grad 3      | starke Entzündung der Gingiva   | massive Rötung der Gingiva, Ödem, Ulzeration<br><i>Tendenz zur Spontanblutung</i>                                                 |

Eine leichte Entzündung der Gingiva liegt bei einem GI von 0,1-1 vor. Bei einem GI von 1,1-2 wird die Entzündung der Gingiva als mäßig bewertet und ab einem GI von 2,1 wird von einer schwerwiegenden Entzündung ausgegangen (137).

### 3.2.4 Zungenbelag-Index nach Miyazaki

Das Ausmaß des vorhandenen Zungenbelags wurde mit dem Zungenbelag-Index nach Miyazaki bestimmt (138). Die Patienten wurden dazu angewiesen, die Zunge so weit wie möglich aus dem Mund zu strecken, sodass ein möglichst großer Bereich des Zungenrückens optisch beurteilt werden konnte. Die vorgenommene Einteilung der 4 Schweregrade von vorliegendem Zungenbelag erfolgt von Grad 0-3. (Tab. 6)

Tabelle 6: Zungenbelag-Index nach Miyazaki; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Miyazaki et al. (138)

| Schweregrad | klinische Zeichen                                            |
|-------------|--------------------------------------------------------------|
| Grad 0      | kein visuell wahrnehmbarer Zungenbelag                       |
| Grad 1      | weniger als ein Drittel des Zungenrückens weist Beläge auf   |
| Grad 2      | weniger als zwei Drittel des Zungenrückens weisen Beläge auf |
| Grad 3      | mehr als 2/3 des Zungenrückens weisen Beläge auf             |

### 3.2.5 DMF/T-Index

Der DMF-Index wird bereits seit 1938 zur Detektion von akuten und vergangenen kariösen Läsionen in der Bevölkerung verwendet. Die Anzahl der bleibenden Zähne, die an Karies leiden, die mit einer Füllung versehen sind und die bereits extrahiert worden sind, geben Aufschluss über das akute bzw. vergangene Kariesgeschehen des Patienten (139).

Die Messung erfolgte in der vorliegenden Studie optisch durch die Beurteilung der intraoralen Situation. Alle Zähne, die eine Füllung oder Karies aufwiesen, wurden zu einem Gesamtwert summiert. Während des Zahnwechsels wurde das Fehlen von bleibenden Zähnen nicht bewertet. Es wurde der zahnbezogene Index (DMF/T) verwendet. Weisheitszähne wurden nicht berücksichtigt.

### 3.2.6 Organoleptische Messung der Halitosis

Die organoleptische Messung der Halitosis wurde stets durch den gleichen Behandler in einem standardisierten Verfahren durchgeführt. Vor Studienbeginn fand eine Kalibrierung des Behandlers statt. An 10 Personen erfolgte durch einen erfahrenen Behandler sowie zweifach durch den durchführenden Behandler die organoleptische Messung. Sowohl die Interrater- ( $\kappa=0,84$ ) als auch Intrarater-Reliabilität ( $\kappa=1,00$ ) wurde durch das Cohens Kappa (130) berechnet. Nach Landis und Koch (132) entspricht ein Cohens Kappa von 0,81-1,00 einer „beinahe perfekten“ Übereinstimmung.

Nachdem der Patient den Mund für mindestens eine Minute geschlossen hatte, wurde er gebeten den Behandler aus ca. 10 cm Entfernung anzuhauen. Die organoleptische Messung fand stets vor der instrumentellen Messung und dem Ausfüllen der Fragebögen statt, sodass der Untersucher unvoreingenommen die Messung durchführte. Die Beurteilung der Ausatemluft erfolgte mit der Skala nach Rosenberg et al. (73). (Tab. 7)

Tabelle 7: organoleptische Bewertung nach Rosenberg; Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Rosenberg et al. (73)

| Schweregrad | klinisches Zeichen                      |
|-------------|-----------------------------------------|
| 0           | kein Mundgeruch                         |
| 1           | kaum wahrnehmbarer Mundgeruch           |
| 2           | leichter, jedoch bemerkbarer Mundgeruch |
| 3           | moderater Mundgeruch                    |
| 4           | ausgeprägter Mundgeruch                 |
| 5           | extremer, fauliger Geruch               |

### 3.2.7 Instrumentelle Messung der Halitosis

Die instrumentelle Messung erfolgte bei jedem Untersuchungstermin mit einem portablen Sulfid-Monitors, dem Halimeter®RH-17 (Interscan ANSYCO GmbH, Karlsruhe, DE). Die Durchführung der Messungen orientierte sich an dem Ablauf, der in der „RH-17 Halimeter Anleitung“ (140) der ANSYCO GmbH und durch Rosenberg et al. (73) beschrieben wurde.

Die Messung wurde stets mit 19,69 cm langen Strohhalmen der Firma Dixie (Dixie Construction Products, Atlanta, US) durchgeführt. Vor Inbetriebnahme wurde stets eine 30-minütige Kalibrierung des Sensors durchgeführt. Die Kalibrierung erfolgte automatisch, sobald das Halimeter® an eine Stromquelle angeschlossen wurde. Durch Betätigung der „ON“ Taste wurde das Gerät aktiviert. Nach der Kalibrierung

sollte die digitale Anzeige 0 (+-10) ppb für das Vorliegen von flüchtigen Schwefelgasverbindungen (VSCs) anzeigen. Sollte der angezeigte Wert abweichen, so erfolgte mit der „ZERO“ Taste des Halimeters® eine manuelle Nullierung. In regelmäßigen Abständen überprüfte der Behandler durch Messungen an sich selbst die Reproduzierbarkeit des Sensors. Abbildung 9 zeigt eine Patientin bei Benutzung des Halimeters®.

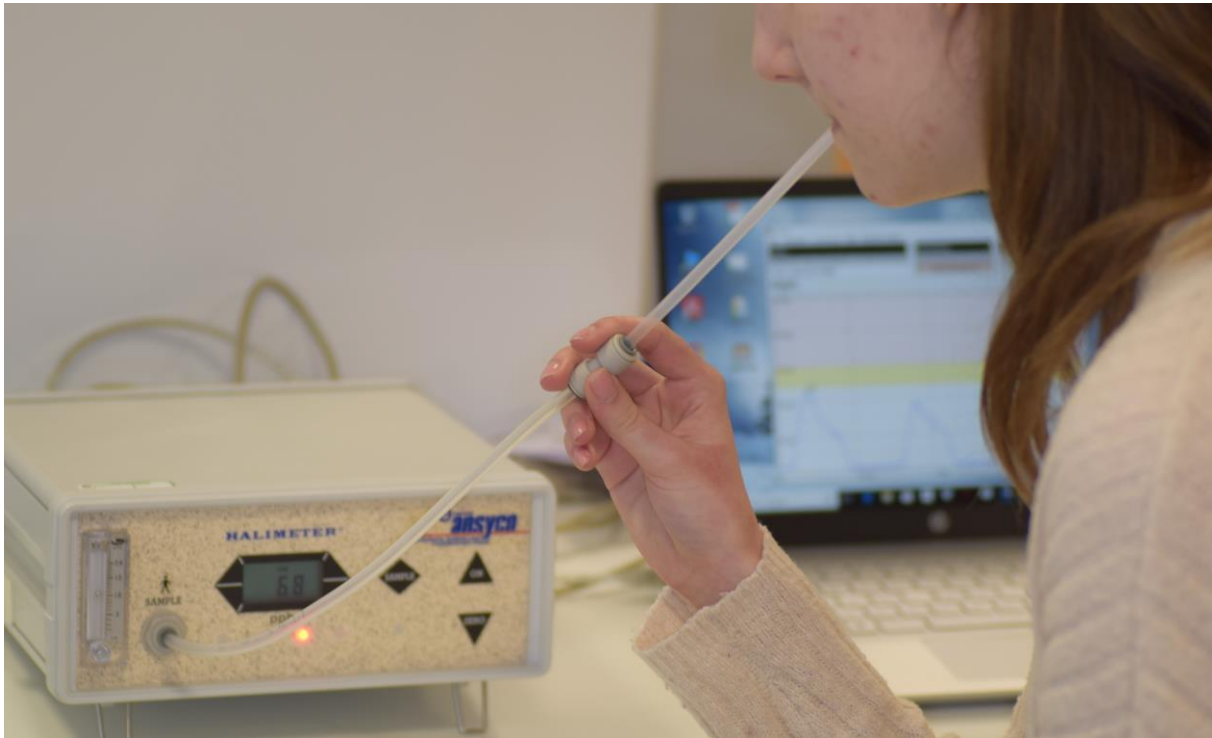


Abbildung 9: Patientin bei Benutzung des Halimeters

Vor Messbeginn sollte der Patient 5 Minuten lang den Mund nicht öffnen oder sprechen. Strohhalm und Adapter wurden dicht miteinander verbunden. Die Patienten wurden dazu angewiesen den Strohhalm 3-4 cm weit in den Mund zu nehmen. Ein Kontakt mit dem Zungenrücken oder anderen intraoralen Schleimhäuten sollte vermieden werden, da sonst Messfehler entstehen könnten. Der Mund des Patienten sollte während der Messung minimal geöffnet bleiben. Atemvorgänge sollten während des Messvorgangs ausgesetzt werden, bis ein Maximalwert erreicht wird. Da es sich bei den Probanden um Kinder und Jugendliche handelte, wurden die Probanden angewiesen durch die Nase weiter zu atmen. Sobald ein Maximalwert erreicht wurde, entnahmen die Probanden den Strohhalm aus der Mundhöhle und es wurde gewartet, bis sich der Sensor wieder auf ca. 0 ppb kalibrierte. Es erfolgten pro Studientermin drei instrumentelle Messvorgänge, aus deren Maximalwerten ein Mittelwert errechnet wurde. Zwischen den Messungen wurde 180 Sekunden lang gewartet. Sollte ein

Maximalwert stark von den beiden anderen Maximalwerten abweichen, fand eine zusätzliche Messung statt und die abweichende Messung wurde verworfen. Bei dem Eintritt von Speichel in den Strohhalm wurde umgehend ein neuer Strohhalm verwendet und die Messung wurde wiederholt.

Die Messungen wurden als „Haligramme“ mit der Software HaliSoft™ Version 2.0 RS232/USB (ANSYCO GmbH, Karlsruhe, DE) dargestellt und gespeichert. HaliSoft™ stellt die Entwicklung der VSC Konzentrationen der Ausatemluft während der Messvorgänge in Form von Graphen dar (Abbildung 10). Die genaue Ermittlung der Maximalwerte jedes Messvorgangs wurde somit gewährleistet und ein Mittelwert der Maximalwerte der drei Messwiederholungen wurde automatisch errechnet.

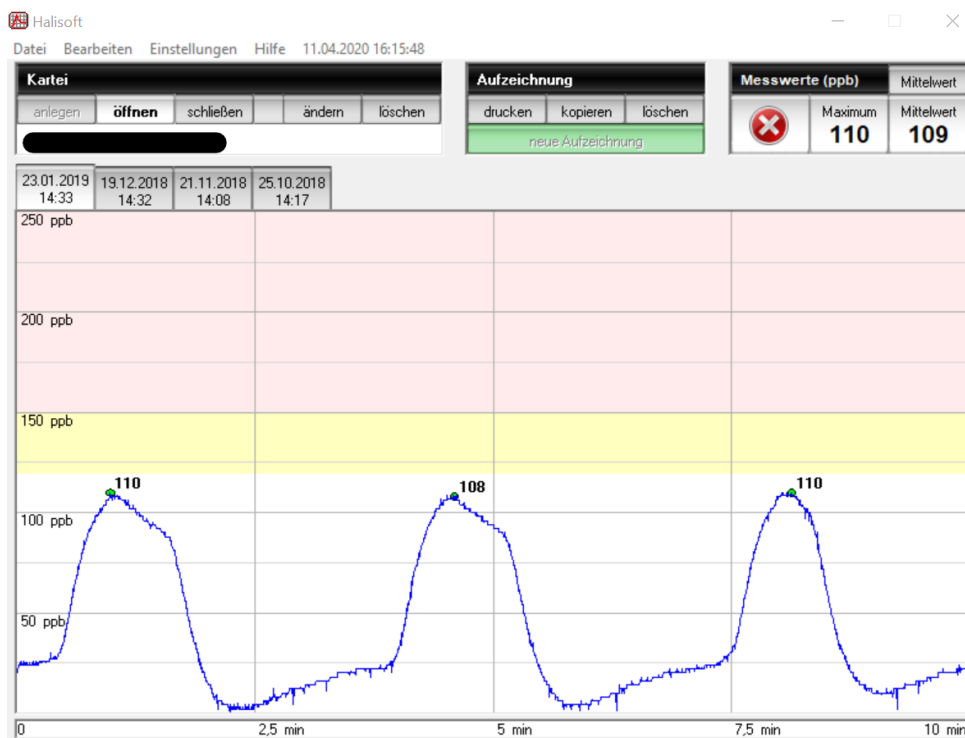


Abbildung 10: Arbeitsoberfläche von HaliSoft™

Durch die Veranschaulichung der Halitosismesswerte in Form von „Haligrammen“ (Abbildung 11) konnten den Probanden Veränderungen der VSCs zu den vorherigen Untersuchungen aufgezeigt und besprochen werden.



## Halitosis - Messprotokoll

Aufzeichnung vom : 22.01.2019 um 15:19

### Proband

Name :  
Vorname :  
Geburtsdatum :

### Praxis

durchgeführt von :  
Absoluter Maximalwert : 89 ppb VSC  
Berechneter Mittelwert : 85 ppb VSC

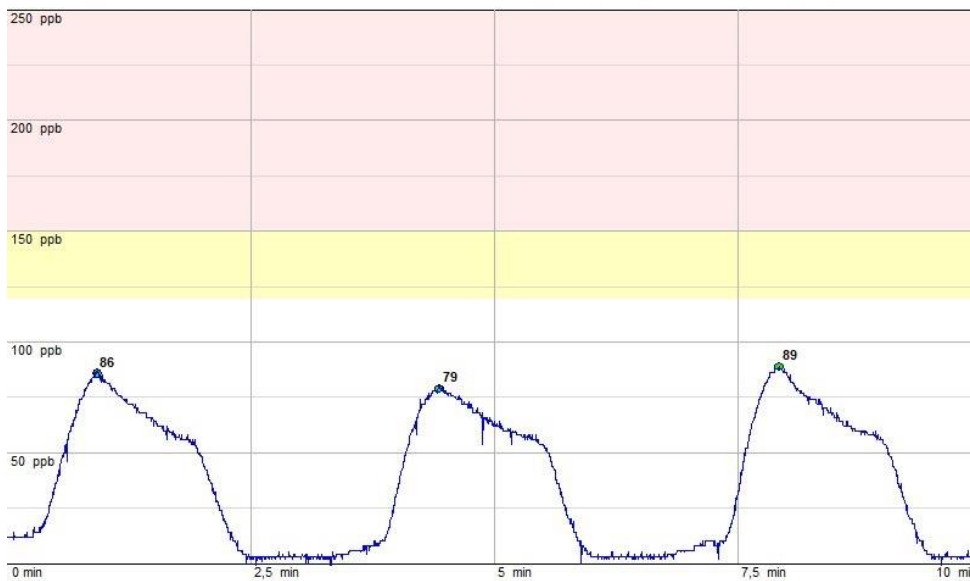


Abbildung 11: Haligramm eines Patienten

## 3.2.8 Fragebögen

### Kid-KINDL<sup>R</sup>

Der Kid KINDL Fragebogen wurde 1994 von Bullinger et al.(141) entwickelt und 1998 durch Ravens-Sieberer und Bullinger (142, 143) revidiert. Der revidierte KINDL<sup>R</sup> dient der Analyse der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Minderjährigen. Es können sowohl gesunde Probanden als auch klinische Subpopulationen mit dem Fragebogen getestet werden. 24 Items vom Likert-Typ werden in 6 Kategorien unterteilt, welche die Bestandteile der allgemeinen Lebensqualität widerspiegeln. Diese Kategorien sind: „körperliches Wohlbefinden“, „emotionales Wohlbefinden“, „Selbstwert“, „Wohlbefinden in der Familie“, „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde und Gleichaltrige“ und „schulisches Wohlbefinden“ (144).

Eine Übersicht der einzelnen Fragen ist im Anhang (Kapitel 8.1) zu finden. Es existieren verschiedene Versionen des Fragebogens. In dieser Studie haben wir uns dafür entschieden, den Kid-KINDL<sup>R</sup> Fragebogen (Kinderversion) für die Altersgruppe der 7- bis 13- Jährigen zu verwenden. Mit dem Kid-KINDL<sup>R</sup> Fragebogen wurden die Auswirkungen des Tragens verschiedener Zahnspangenarten auf die Lebensqualität der Jugendlichen dargestellt. Die Probanden füllten den Fragebogen zu jedem Untersuchungstermin selbstständig aus.

## **Allgemeiner Fragebogen**

Der allgemeine Fragebogen (siehe Anhang Kapitel 8.2), der sich am Halitosisfragebogen von Bigler und Filippi (145) orientierte, diente der Analyse der oralen Hygiene und der Selbsteinschätzung der Probanden, ob Mundgeruch bei ihnen vorliegt. Zudem wurde die regelmäßige und aktuelle Einnahme von Medikamenten sowie das Vorliegen von Erkrankungen erhoben, um mögliche Zusammenhänge zu veränderten klinischen Parametern analysieren zu können. Die Häufigkeit des Zähneputzens, die Art der Zahnbürste, die Benutzung von Zahnseide und Mundspüllösungen sowie die Benutzung von Zungenreinigern wurden erfragt, um die generelle Mundhygiene der Probanden einschätzen zu können und gegebenenfalls frühzeitig intervenieren bzw. Hygieneinstruktionen erteilen zu können. Mit der Frage nach dem Rauchverhalten der Probanden und dem aktuellen Vorliegen von Stress wurden weitere Risikofaktoren für die Entstehung von Mundgeruch erfragt (37, 146). Abschließend folgte die Selbsteinschätzung der Probanden ob bzw. wie häufig sie an Mundgeruch leiden. Auswahlmöglichkeiten zu dieser Frage waren „nie“, „selten“, „manchmal“ und „häufig“. Wurde „manchmal“ oder „häufig“ ausgewählt, wurde dies als selbsteingeschätzte Halitosis gewertet. Zudem sollte angegeben werden, ob sie selbst den Mundgeruch bemerken oder es ihnen durch Mitmenschen mitgeteilt wurde. Der Fragebogen wurde bei jedem Studientermin durch die Probanden ausgefüllt, um mögliche Veränderungen während der Therapie festzustellen.

## **3.3 Statistische Analyse**

Zur Bestimmung der benötigten Probandenzahl wurde eine Fallzahlplanung mit dem Fallzahlprogramm NQuery 5.0 („Statsols“ (Statistical Solutions Ltd.), Cork, Ireland) durchgeführt. In der hier aufgezeigten Studie sollen 5 Patientenkollektive miteinander verglichen werden. Bei einer Power von 80%, einem Signifikanzniveau von 5 % und einer Effektsize von 278 sowie einer sehr konservativ angenommenen Standardabweichung von 25 ergab die Fallzahlplanung für eine Varianzanalyse, dass 7 Probanden pro Gruppe untersucht werden müssen.

Die Ergebnisse der klinischen Untersuchungen und der Fragebögen wurden mit der Software „IBM SPSS Statistics 23“ für Windows (IBM Corp., Armonk, NY., USA) in Kooperation mit dem Institut für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik

(IMBEI) der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz ausgewertet.

Die Auswertung der allgemeinen Informationen der Probanden, wie beispielsweise Alter, Schulform und Geschlecht erfolgte rein deskriptiv. Das Alter der Probanden wurde durch Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen, Minima und Maxima analysiert. Die Darstellung der Verteilungen innerhalb des Probandenkollektivs, wie beispielsweise der besuchten Schulform, erfolgte durch Kreisdiagramme. Angaben der Probanden zu ihren Mundhygienemaßnahmen, die durch einen allgemeinen Fragebogen überprüft wurden, wurden tabellarisch durch die Gesamtanzahl der jeweils ausgewählten Antwortmöglichkeiten und einer prozentualen Verteilung dargestellt. Um geschlechterspezifische Unterschiede der Baselinemesswerte feststellen zu können, erfolgte ein t-Test für unabhängige Stichproben

Als Hauptfragestellung der Studie wurde der Einfluss verschiedener Zahnspangenarten auf die Mundgeruchsentwicklung (in ppb) im zeitlichen Verlauf überprüft. Es wurde die Differenz aus den Messwerten nach 4, 8 und 12 zu den Baseline-Werten gebildet.

Residuendiagramme wurden angefertigt, um zu prüfen, ob eine Normalverteilung der Messwerte vorliegt. Die grafische Darstellung der Veränderungen bei den jeweiligen Studienterminen erfolgte durch Boxplots. Mit einfaktorieller Varianzanalyse wurde getestet, ob signifikante Veränderungen der Messwerte zwischen den Gruppen vorliegen. Bei einem signifikanten Unterschied ( $p\text{-Wert} \leq 0,05$ ) im F-Test wurde durch Post-Hoc-Tests nach Tukey überprüft, zwischen welchen Gruppen signifikante Unterschiede bestehen. Auch die Veränderungen der klinischen Parameter sowie der Lebensqualität der Probanden nach Insertion verschiedener Zahnspangenarten wurden mit einfaktorieller Varianzanalyse überprüft. Die Beurteilung erfolgte hier jedoch explorativ. Analog zu dem zuvor genannten Verfahren erfolgte zudem die Auswertung der Veränderungen der organoleptischen Messwerte sowie der Selbsteinschätzung der Probanden bezüglich der Intensität ihrer eigenen Ausatemluft.

Des Weiteren wurden monotone Zusammenhänge zwischen klinischen Befunden und weiteren Einflussfaktoren überprüft, indem der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman ermittelt wurde. Ein  $p\text{-Wert} \leq 0,05$  deutete hierbei auf einen bivariaten Zusammenhang zweier Variablen hin. Zudem erfolgten t-Tests für verbundene Stichproben, um Veränderungen der Mundhygiene der Probanden zu überprüfen.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Probandengut

Die Probanden waren zu 54% (n=19) männlich und zu 46% (n=16) weiblich. Im Mittel waren die Probanden  $14,3 \pm 2,1$  Jahre alt, der Median betrug 15,0 Jahre. Insgesamt waren die männlichen Probanden im Mittel geringfügig älter. Das Alter betrug bei den Jungen im Mittel  $14,6 \pm 2,2$  Jahre, bei den Mädchen  $14,0 \pm 2,1$  Jahre. Der Median des Alters betrug bei den Jungen 15,0 Jahre, bei den Mädchen betrug er 14,5 Jahre. Der älteste Proband war sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen 17 Jahre alt, der jüngste Proband war 11 Jahre alt. Mit durchschnittlich  $11,6 \pm 0,8$  Jahren war die Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur am jüngsten, während die Kontrollgruppe mit einem durchschnittlichen Alter von  $16,0 \pm 1,0$  Jahren am ältesten war. (Tab. 8)

Tabelle 8: Übersicht über das Durchschnittsalter der verschiedenen Probandengruppen zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung in Jahren

Alter bei der Baselineuntersuchung in Jahren

| Art der Apparatur                                         | Mittelwert | N  | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|-----------------------------------------------------------|------------|----|--------------------|---------|---------|
| Kontrollgruppe ohne kieferorthopädische Apparatur         | 16,00      | 7  | 1,000              | 15      | 17      |
| Gruppe mit vestibulär geklebter Multibracketapparatur     | 14,29      | 7  | 1,799              | 12      | 17      |
| Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur | 11,57      | 7  | ,787               | 11      | 13      |
| Gruppe mit Alignern                                       | 14,57      | 7  | 1,902              | 11      | 17      |
| Gruppe mit lingual geklebter Multibracketapparatur        | 15,29      | 7  | 2,059              | 12      | 17      |
| Insgesamt                                                 | 14,34      | 35 | 2,141              | 11      | 17      |

Die Probanden hatten zu 60% (n=21) einen Geschwisterteil und waren zu 20% (n=7) Einzelkinder, während 14 % (n=5) je zwei Geschwister und 6% (n=2) je drei Geschwister hatten. Keiner der Probanden hatte mehr als drei Geschwister.

Der Großteil der Probanden besuchte ein Gymnasium (n=27; 77%), gefolgt von der Gesamtschule (n=7; 20%). Lediglich ein Proband besuchte eine Realschule (3%). Keiner der Probanden besuchte eine Haupt-, Grund- oder Sonderschule und auch privater Unterricht wurde durch keinen der Probanden in Anspruch genommen.

Die Probanden wurden anhand ihrer kieferorthopädischen Apparatur in fünf Gruppen á sieben Personen unterteilt. In Gruppe 1 (Kontrollgruppe) waren vier männliche Probanden und drei weibliche. Die Probanden in Gruppe 2 waren überwiegend weiblich (n=5). In den Gruppen 3 und 5 war das Probandengut hingegen überwiegend männlich (n=5). Gruppe 4 setzte sich aus vier weiblichen und drei männlichen Probanden zusammen.

Durch einen Fragebogen wurden die Mundhygienemaßnahmen und mögliche Risikofaktoren für die Entstehung von Mundgeruch erfragt. Während 13 Probanden (37%) eine elektrische Zahnbürste verwendeten, benutzten 14 Probanden (40%) eine Handzahnbürste und acht Probanden (23%) gaben an, dass sie zwischen elektrischer Zahnbürste und Handzahnbürste abwechseln.

Eine Übersicht über die Mundhygienemaßnahmen und Risikofaktoren zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung ist Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9: Übersicht über bestehende Mundhygienemaßnahmen und mögliche Risikofaktoren der Probanden zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung

|                                                       | Gegebene Antwort               | N  | Prozentualer Anteil |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------|----|---------------------|
| Wie oft am Tag putzt du deine Zähne?                  | 1x                             | 2  | 6%                  |
|                                                       | 1-2x                           | 2  | 6%                  |
|                                                       | 2x                             | 31 | 89%                 |
| Welche Art Zahnbürste benutzt du?                     | Elektrische                    | 13 | 37%                 |
|                                                       | Zahnbürste                     | 14 | 40%                 |
|                                                       | Handzahnbürste unterschiedlich | 8  | 23%                 |
| Benutzt du einen Zungenreiniger?                      | Ja                             | 0  | 0%                  |
|                                                       | Nein                           | 32 | 91%                 |
|                                                       | Gelegentlich                   | 3  | 9%                  |
| Benutzt du Zahnseide?                                 | Ja                             | 4  | 11%                 |
|                                                       | Nein                           | 12 | 34%                 |
|                                                       | Gelegentlich                   | 19 | 54%                 |
| Benutzt du Mundspüllösung?                            | Ja                             | 8  | 23%                 |
|                                                       | Nein                           | 17 | 49%                 |
|                                                       | Gelegentlich                   | 10 | 29%                 |
| Rauchst du?                                           | Ja                             | 2  | 6%                  |
|                                                       | Nein                           | 33 | 94%                 |
| Stehst du unter beruflichem und/oder privatem Stress? | Nie                            | 3  | 9%                  |
|                                                       | Selten                         | 19 | 54%                 |
|                                                       | Manchmal                       | 10 | 29%                 |
|                                                       | Häufig                         | 3  | 9%                  |
|                                                       | Oft                            | 0  | 0%                  |

Der Großteil der Probanden (89%) putzte im Zeitraum vor der Baselineuntersuchung 2-mal täglich die Zähne. Zu diesem Zeitpunkt putzte keiner der Jugendlichen häufiger die Zähne, während vier Probanden angaben, täglich weniger als 2-mal ihre Zähne zu putzen (11%).

Mit einem t-Test für verbundene Stichproben ergaben sich deutliche Hinweise, dass sich das Zahnputzverhalten bei den Probanden mit kieferorthopädischen Apparaturen nach 4 ( $T = 3,873$ ;  $p = 0,001$ ), 8 ( $T = 4,277$ ;  $p < 0,001$ ) und 12 ( $T = 3,286$ ;  $p = 0,003$ ) Wochen im Vergleich zur Baselineuntersuchung verbesserte, während in der Kontrollgruppe keine Veränderung des Zahnputzverhaltens beobachtet werden konnte (nach 4, 8 und 12 Wochen jeweils  $T = 1,000$ ;  $p = 0,356$ ).

Weitere Mundhygienemaßnahmen wurden nur selten von den Probanden durchgeführt. 11% benutzten regelmäßig Zahnseide, 23% eine Mundspülung und keiner der Probanden benutzte einen Zungenreiniger.

Die Anzahl an Rauchern im Probandenkollektiv war sehr gering ( $n=2$ ; 6%) und keiner der Probanden nahm regelmäßig Medikamente ein. Ungefähr die Hälfte der Probanden (54%) gab an, dass sie „selten“ unter beruflichem/schulischem und/oder privatem Stress leiden.

## 4.2 Ergebnisse der Geruchsmessungen

### Ergebnisse der instrumentellen Messungen mit einem Halimeter:

Zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung betrug insgesamt höchste gemessene Wert 335 ppb, der geringste 44 ppb. Der durchschnittliche VSC-Gehalt der Probanden betrug bei der Baselineuntersuchung  $91,2 \pm 54,5$  ppb. Jungen ( $76,4 \pm 26,4$  ppb) wiesen hierbei im Mittel niedrigere Messwerte als Mädchen ( $108,7 \pm 72,8$  ppb) auf ( $T = -1,8$ ;  $p = 0,081$ ).

Halitosis wurde zu Beginn der Studie bei fünf Probanden (14%) mit Hilfe des Halimeters diagnostiziert ( $\geq 110$  ppb). Nach 8 Wochen war die Anzahl, der an Halitosis leidenden Probanden ( $n = 8$ ; 23%) am höchsten.

Die Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur wies bei der Baselineuntersuchung mit einem Mittelwert von  $125,7 \pm 95,2$  ppb die höchsten VSC-Werte in der Ausatemluft auf. Die niedrigsten Werte zeigte die Kontrollgruppe ohne kieferorthopädische Apparatur mit durchschnittlich  $62,0 \pm 12,3$  ppb.

Während in den Gruppen mit Alignern ( $-35,6 \pm 62,4$  ppb) und vestibulär geklebten MB-Apparaturen ( $-14,3 \pm 95,7$  ppb) die VSC-Konzentrationen von der Baselineuntersuchung zur Untersuchung nach 4 Wochen sanken, nahmen die Messwerte in den anderen Gruppen leicht zu (Kontrollgruppe:  $7,1 \pm 12,3$  ppb; Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur:  $3,6 \pm 20,3$  ppb; Gruppe mit lingual geklebter MB-Apparatur:  $9,6 \pm 45,1$  ppb).

Auch nach 8 und 12 Wochen war die VSC-Konzentration im Vergleich zur Baseline-Messung bei den Gruppen mit Alignern und vestibulären MB-Apparaturen niedriger, während die VSC-Konzentrationen in den restlichen Gruppen erhöht waren.

Die Veränderungen der VSC-Messwerte innerhalb der verschiedenen Probandenkollektive nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung sind in Abbildung 12 dargestellt.

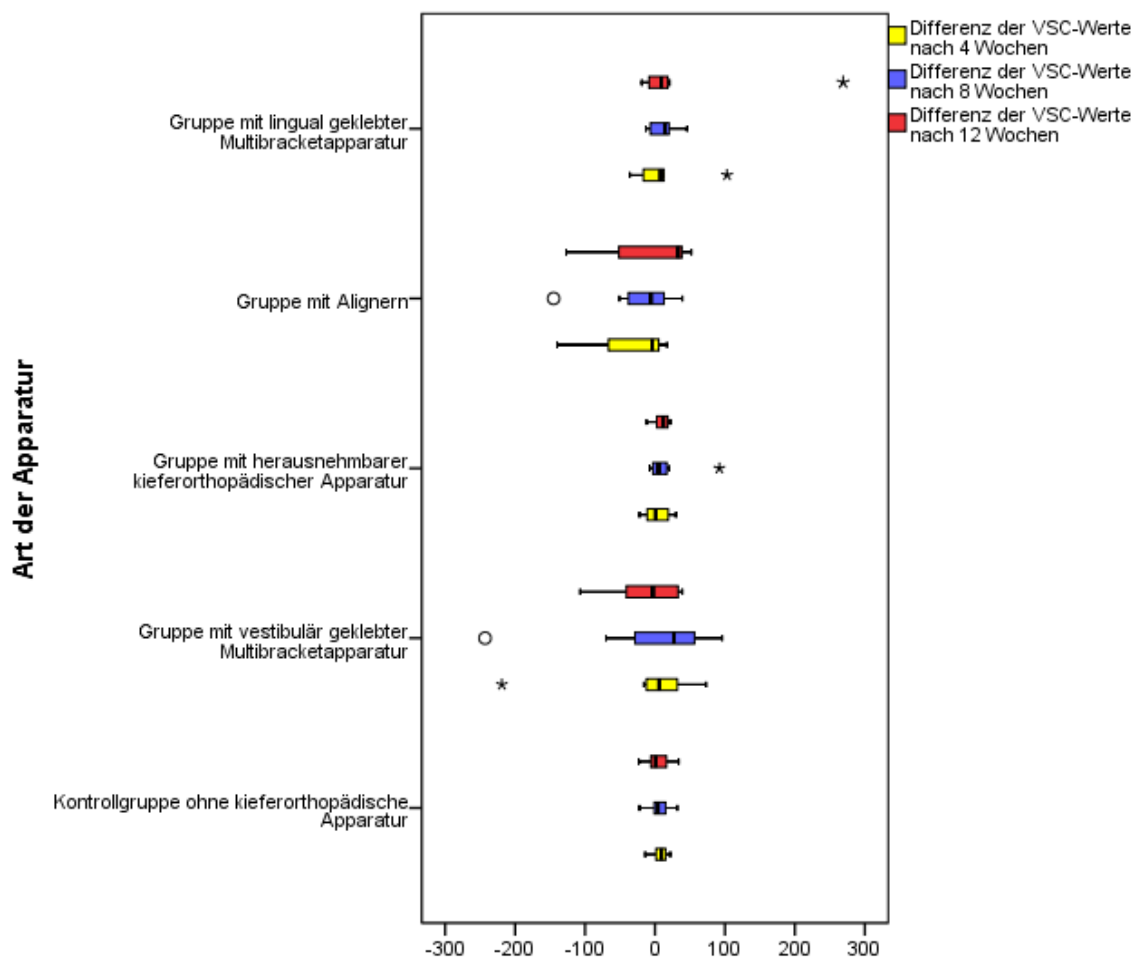


Abbildung 12: Darstellung der Veränderungen der VSC-Messwerte in ppb nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur

Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,529$ ), 8 ( $p=0,750$ ) und 12 Wochen ( $p=0,543$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen der VSC-Werte nachweisen. (Tab. 10)

Tabelle 10: Einfaktorielle Varianzanalyse zur Überprüfung ob signifikante Veränderungen zwischen den Gruppen, in Bezug zur Veränderung der VSC-Messwerte im zeitlichen Verlauf auftreten

| Einfaktorielle ANOVA                   |                       |              |    |                     |       |       |
|----------------------------------------|-----------------------|--------------|----|---------------------|-------|-------|
|                                        |                       | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F     | p     |
| Differenz der VSC-Werte nach 4 Wochen  | Zwischen den Gruppen  | 10149,314    | 4  | 2537,329            | 0,810 | 0,529 |
|                                        | Innerhalb der Gruppen | 93969,429    | 30 | 3132,314            |       |       |
|                                        | Gesamt                | 104118,743   | 34 |                     |       |       |
| Differenz der VSC-Werte nach 8 Wochen  | Zwischen den Gruppen  | 7322,743     | 4  | 1830,686            | 0,481 | 0,750 |
|                                        | Innerhalb der Gruppen | 114294,857   | 30 | 3809,829            |       |       |
|                                        | Gesamt                | 121617,600   | 34 |                     |       |       |
| Differenz der VSC-Werte nach 12 Wochen | Zwischen den Gruppen  | 12207,257    | 4  | 3051,814            | 0,787 | 0,543 |
|                                        | Innerhalb der Gruppen | 116310,286   | 30 | 3877,010            |       |       |
|                                        | Gesamt                | 128517,543   | 34 |                     |       |       |



### Ergebnisse des Organoleptischen Messverfahrens:

Bei der Baselineuntersuchung betrug der durchschnittliche organoleptische Messwert  $1,1 \pm 0,8$ . Dies entspricht einem kaum wahrnehmbaren bis leichten Geruch der Ausatemluft (73).

Zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung wurde Halitosis (organoleptischer Messwert  $>2$ ) bei zwei Probanden (6%) diagnostiziert, während die größte Prävalenz von Halitosis im Probandenkollektiv ( $n=6$ ; 17%) bei der Untersuchung nach 12 Wochen festgestellt wurde. Der insgesamt höchste organoleptische Messwert betrug 4 und wurde nach 12 Wochen bei einem Probanden mit lingual geklebter MB-Apparatur gemessen.

Den höchsten Mittelwert wies bei der Baselineuntersuchung die Kontrollgruppe ( $1,4 \pm 0,5$ ), auf, während die Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur ( $0,8 \pm 0,6$ ) die niedrigsten Messwerte zeigte.

Nach 4 Wochen zeigte die Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur die größte Verschlechterung ( $0,5 \pm 1,1$ ), gefolgt von der Kontrollgruppe ( $0,4 \pm 0,4$ ), auf. Eine leichte Intensivierung der Ausatemluft wurde zudem in den Gruppen mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur ( $0,1 \pm 0,6$ ) und mit lingual geklebter MB-Apparatur ( $0,2 \pm 0,6$ ) festgestellt, während sich die Ausatemluft in der Gruppe mit Alignern ( $-0,4 \pm 1,1$ ) sogar verbesserte.

Nach 8 ( $0,0 \pm 1,1$ ) und 12 Wochen ( $0,0 \pm 1,1$ ) entsprach der Messwert der Alignergruppe wieder den Ergebnissen der Baselineuntersuchung. Die Messwerte der anderen Gruppen blieben hingegen verschlechtert. Die Gruppen mit herausnehmbarer Apparatur und lingual geklebter MB-Apparatur zeigten im zeitlichen Verlauf eine zunehmende Intensität der Ausatemluft, während in den weiteren Gruppen kein klarer Trend zu erkennen war.

Die Veränderungen der organoleptischen Messwerte innerhalb der verschiedenen Probandenkollektive nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung sind in Abbildung 13 dargestellt.

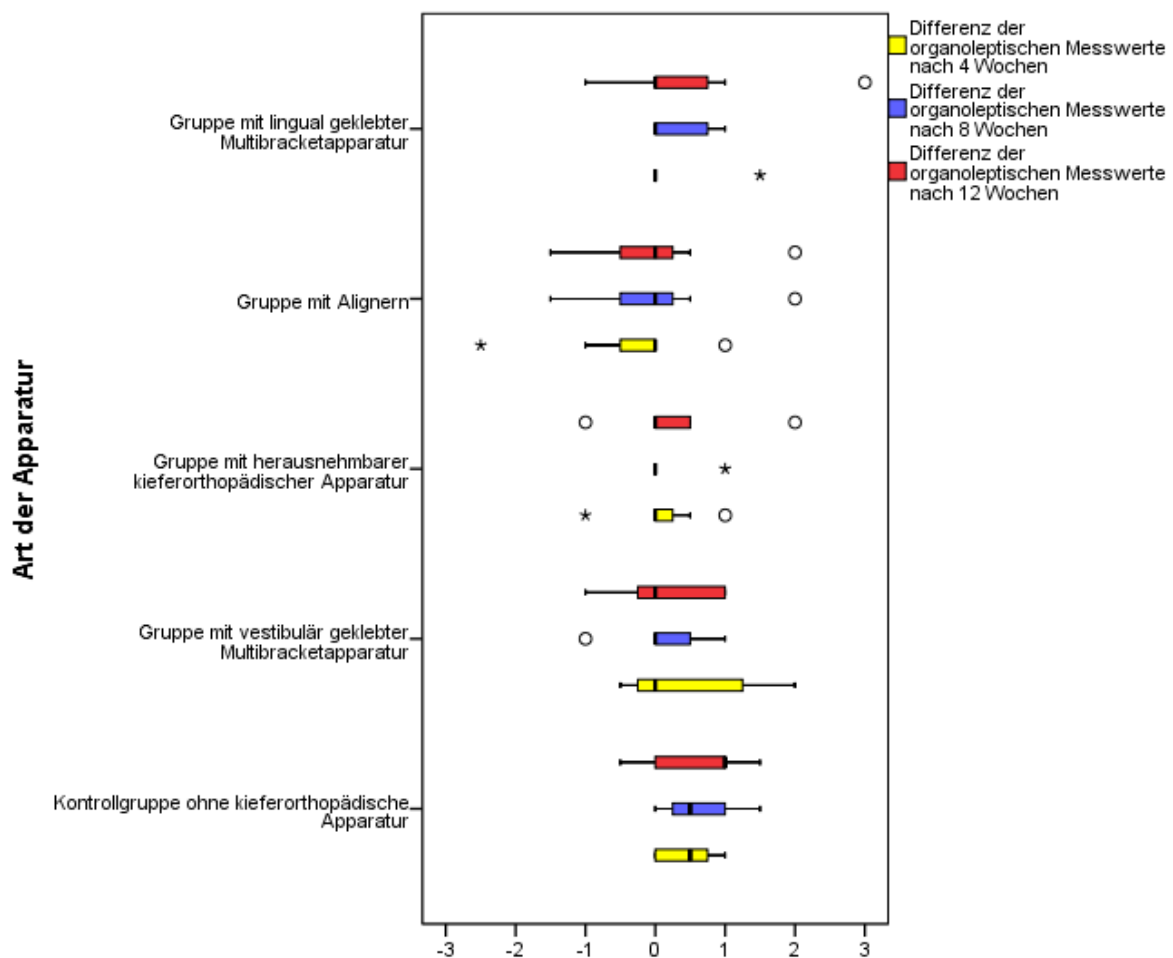


Abbildung 13: Darstellung der Veränderungen der organoleptischen Messwerte nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur

Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,316$ ), 8 ( $p=0,469$ ) und 12 Wochen ( $p=0,821$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen der organoleptischen Messwerte nachweisen.

### Ergebnisse der Selbsteinschätzung der Probanden

Zu Beginn der Untersuchung gaben 14 Probanden auf die Frage, ob sie zuweilen an Mundgeruch leiden, an, dass dies „nie“ der Fall sei, während 16 Probanden „selten“ und fünf Probanden „manchmal“ auswählten. Keiner der Probanden wählte „häufig“ aus. Abbildung 14 zeigt die prozentuale Verteilung der gewählten Antwortmöglichkeiten auf.

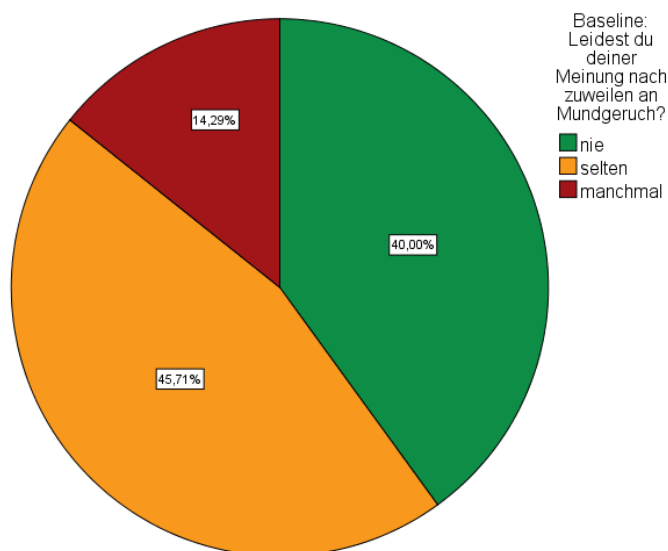


Abbildung 14: Selbstestschätzung der Probanden zum Vorliegen von Mundgeruch während der Baselineuntersuchung

Während nach 4 Wochen lediglich vier Probanden Mundgeruch bei sich selbst bemerkten („manchmal“ und häufig“), verdoppelte sich die Anzahl der Betroffenen (n=8; 23%) von der 4- bis zur 8-Wochen Untersuchung. Nach 12 Wochen gaben sechs Probanden an, dass sie „manchmal“ oder „häufig“ an schlechter Ausatemluft leiden.

Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,925$ ), 8 ( $p=0,753$ ) und 12 Wochen ( $p=0,705$ ) keine Unterschiede bezüglich Veränderungen der Selbstestschätzung der Probanden nachweisen.

Eine Übersicht über die Anzahl an Probanden, bei denen mit verschiedenen Messverfahren Halitosis diagnostiziert wurde, ist in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Anzahl an Probanden, bei denen im zeitlichen Verlauf mit verschiedenen Messmethoden Halitosis diagnostiziert wurde

|                                            | an Halitosis leidende Probanden Baseline | an Halitosis leidende Probanden nach 4 Wochen | an Halitosis leidende Probanden nach 8 Wochen | an Halitosis leidende Probanden nach 12 Wochen |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Messung mittels Halimeter >110 ppb         | 5                                        | 5                                             | 8                                             | 7                                              |
| Organoleptische Messung >2                 | 2                                        | 5                                             | 3                                             | 6                                              |
| Selbstestschätzung „manchmal“ und „häufig“ | 5                                        | 4                                             | 8                                             | 6                                              |

### 4.3 Ergebnisse der klinischen Untersuchungsparameter

#### Plaqueindex nach Silness und Loe

Der durchschnittliche PI lag bei der Baselineuntersuchung bei  $0,7 \pm 0,5$ . Zu diesem Zeitpunkt ergaben sich deutliche Hinweise, dass Unterschiede der PI-Werte zwischen den männlichen ( $0,9 \pm 0,5$ ) und weiblichen Probanden ( $0,5 \pm 0,5$ ) bestehen ( $p = 0,021$ ).

Der höchste PI konnte nach 12 Wochen bei einem Probanden in der Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur gemessen werden (2,3), was einer moderaten Plaqueansammlung entspricht, die bereits optisch wahrnehmbar ist (137).

Bei der Baselineuntersuchung wies den höchsten PI das Patientenkollektiv mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur mit einem Mittelwert von  $1,2 \pm 0,6$  auf. Die Gruppen ohne kieferorthopädische Apparatur ( $0,7 \pm 0,5$ ), mit vestibulär geklebter MB-Apparatur ( $0,7 \pm 0,4$ ) und lingual geklebter MB-Apparatur ( $0,7 \pm 0,4$ ) wiesen ähnliche Werte auf. Der geringste PI lag bei der Gruppe mit Alignern vor ( $0,3 \pm 0,4$ ).

Zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung ergaben sich mittels Post-Hoc Test nach Tukey deutliche Hinweise, dass Unterschiede der PI-Messwerte zwischen der Aligner-Gruppe und der Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur vorliegen ( $p = 0,014$ ). Die Aligner-Gruppe wies im Vergleich ein geringeres Plaquevorkommen auf.

Zur 4-Wochen Untersuchung nahm der PI in allen Gruppen, mit Ausnahme der Alignergruppe, zu. Der größte Anstieg war mit durchschnittlich  $0,6 \pm 0,5$  in der Gruppe mit lingual festsitzender Apparatur festzustellen, während der PI in der Gruppe mit Alignern konstant blieb ( $0,0 \pm 0,2$ ). Der mittlere PI blieb nach 8 Wochen in allen Gruppen, mit Ausnahme der Gruppe mit Alignern ( $-0,1 \pm 0,2$ ), erhöht. Ein erhöhter PI im Vergleich zur Baselinemessung konnte nach 12 Wochen in allen Gruppen nachgewiesen werden.

Die Veränderungen des PIs innerhalb der verschiedenen Probandenkollektive nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung sind in Abbildung 15 dargestellt.

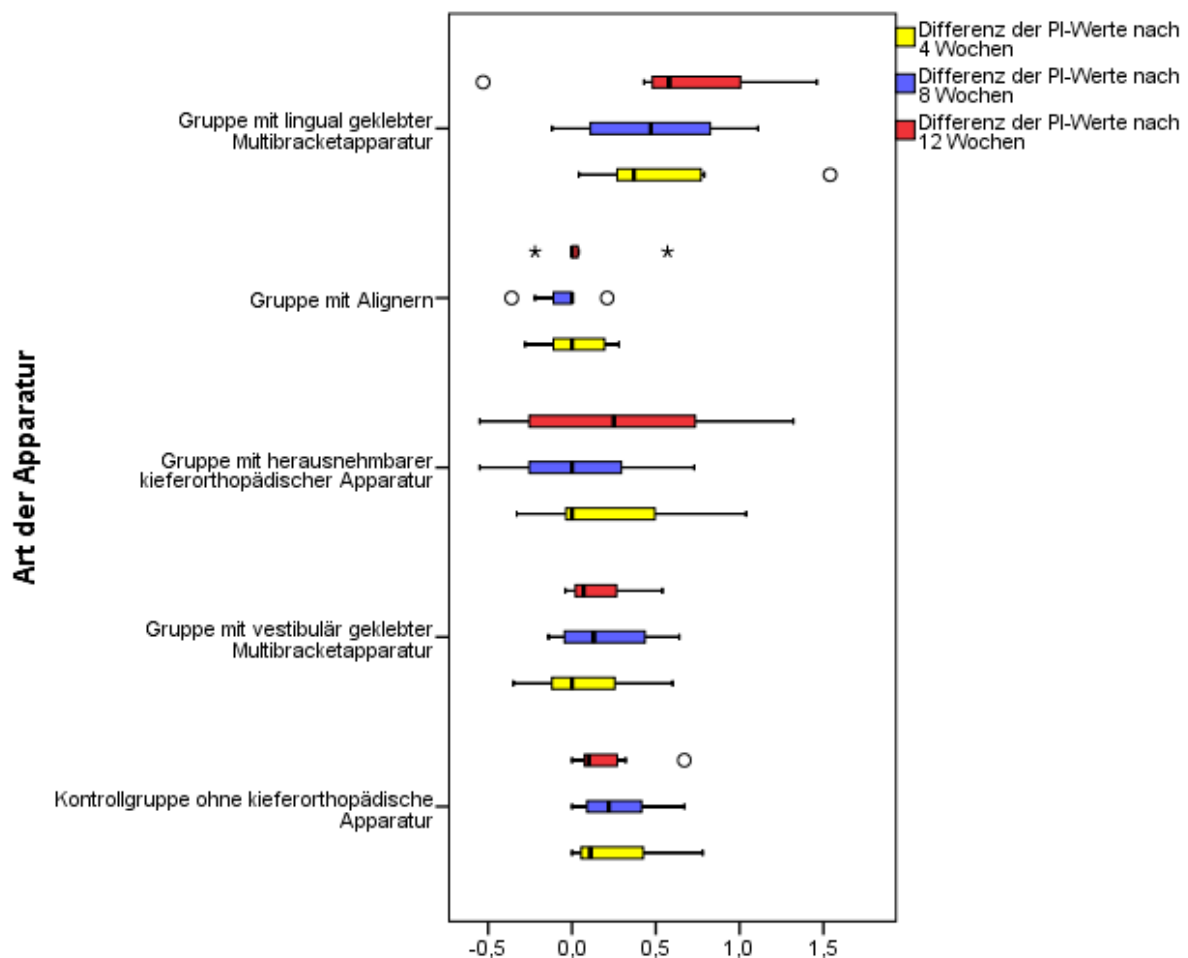


Abbildung 15: Darstellung der Veränderungen des PIs nach Silness und Loe nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur

Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,108$ ), 8 ( $p=0,069$ ) und 12 Wochen ( $p=0,183$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen des PIs nachweisen.

### Gingivaindex nach Silness und Loe

Der durchschnittliche GI betrug zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung  $0,4 \pm 0,4$ . Zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung ergaben sich deutliche Hinweise, dass zwischen den männlichen ( $0,3 \pm 0,2$ ) und weiblichen Probanden ( $0,6 \pm 0,4$ ) Unterschiede bezüglich des GIs vorliegen ( $p = 0,039$ ). Der Entzündungsgrad der Gingiva war somit bei den weiblichen Probanden höher.

Der höchste GI wurde zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung in der Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur gemessen ( $0,7 \pm 0,5$ ), während die Gruppe mit Alignern den niedrigsten Mittelwert aufzeigte ( $0,3 \pm 0,4$ ). Der Mittelwert des GIs betrug in der Kontrollgruppe  $0,4 \pm 0,3$ , in der Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur  $0,4 \pm 0,3$  und in der Gruppe mit lingual geklebter MB-Apparatur  $0,3 \pm 0,2$ .

Ein Anstieg des GIs war nach 4 Wochen in den Gruppen mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur, mit vestibulär geklebter MB-Apparatur ( $0,2 \pm 0,3$ ) und mit lingual geklebter MB-Apparatur ( $0,2 \pm 0,1$ ) zu erkennen, während die Mittelwerte des GIs in der Gruppe mit Alignern ( $0,0 \pm 0,3$ ) und in der Kontrollgruppe ( $0,0 \pm 0,1$ ) konstant blieben.

Die stärkste Zunahme des GIs war nach 8 Wochen in der Gruppe mit lingual geklebter MB-Apparatur ( $0,3 \pm 0,1$ ) feststellbar. Die Messwerte der Gruppen mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur ( $0,2 \pm 0,1$ ) und vestibulär geklebter MB-Apparatur ( $0,2 \pm 0,3$ ) blieben weiterhin erhöht, jedoch im Vergleich zur Untersuchung nach 4 Wochen unverändert.

Der GI der Aligner- ( $0,0 \pm 0,3$ ) sowie der Kontrollgruppe ( $0,0 \pm 0,1$ ) blieb weiterhin konstant. Während sich der GI der Gruppen mit lingual- sowie vestibulär geklebter MB-Apparatur im Vergleich zur Untersuchung nach 8 Wochen nicht veränderte, fand eine leichte Zunahme des GIs in der Kontrollgruppe ( $0,1 \pm 0,1$ ), der Alignergruppe ( $0,1 \pm 0,3$ ) und in der Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur statt ( $0,3 \pm 0,2$ ).

Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,273$ ), 8 ( $p=0,083$ ) und 12 Wochen ( $p=0,243$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen des GIs nachweisen.

Die Veränderungen des GIs innerhalb der verschiedenen Probandenkollektive nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung sind in Abbildung 16 dargestellt.

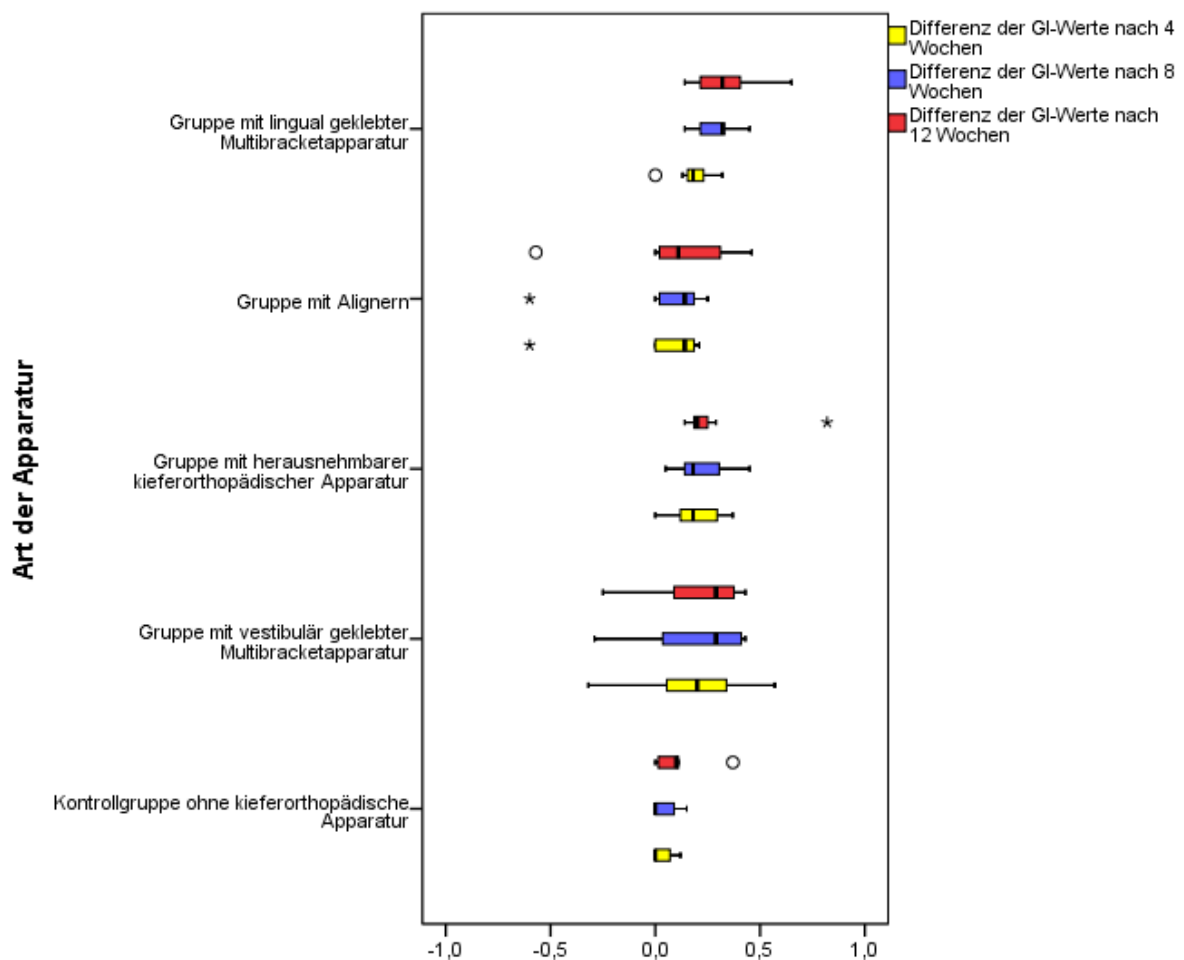


Abbildung 16: Darstellung der Veränderungen des GIs nach Silness und Loe nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur

### Parodontaler Screening Index:

Der Mittelwert des PSIs betrug im Probandenkollektiv initial  $0,5 \pm 0,4$ . Der PSI der männlichen Probanden betrug hierbei  $0,5 \pm 0,4$ , der PSI der weiblichen  $0,4 \pm 0,4$ .

Die niedrigsten PSI-Mittelwerte waren initial in den Gruppen mit Alignern ( $0,3 \pm 0,4$ ) und lingual geklebter MB-Apparatur ( $0,3 \pm 0,2$ ) zu finden. In der Kontrollgruppe ( $0,5 \pm 0,4$ ) und der Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur ( $0,5 \pm 0,3$ ) waren leicht höhere Messwerte nachweisbar, während die Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur ( $0,8 \pm 0,4$ ) die höchsten Messwerte aufwies.

Die größte Zunahme des PSIs fand nach 4 Wochen in der Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur statt ( $0,3 \pm 0,5$ ), während der PSI in der Aligner- ( $0,0 \pm 0,6$ ) und Kontrollgruppe ( $0,0 \pm 0,2$ ) konstant blieb. In den Gruppen mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur ( $0,1 \pm 0,2$ ) und lingual geklebter Apparatur ( $0,2 \pm 0,3$ ) zeigte sich nach 4 Wochen eine leichte Zunahme des PSIs.

Diese Entwicklung innerhalb der Gruppen setzte sich nach 8 und 12 Wochen fort. Während die PSI-Werte der Kontroll- und Alignergruppe im Bereich der Baselineuntersuchung blieben, zeigten sich in den restlichen Gruppen vergleichsweise höhere PSI-Werte.

Die Veränderungen des PSIs innerhalb der verschiedenen Probandenkollektive nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung sind in Abbildung 17 dargestellt.

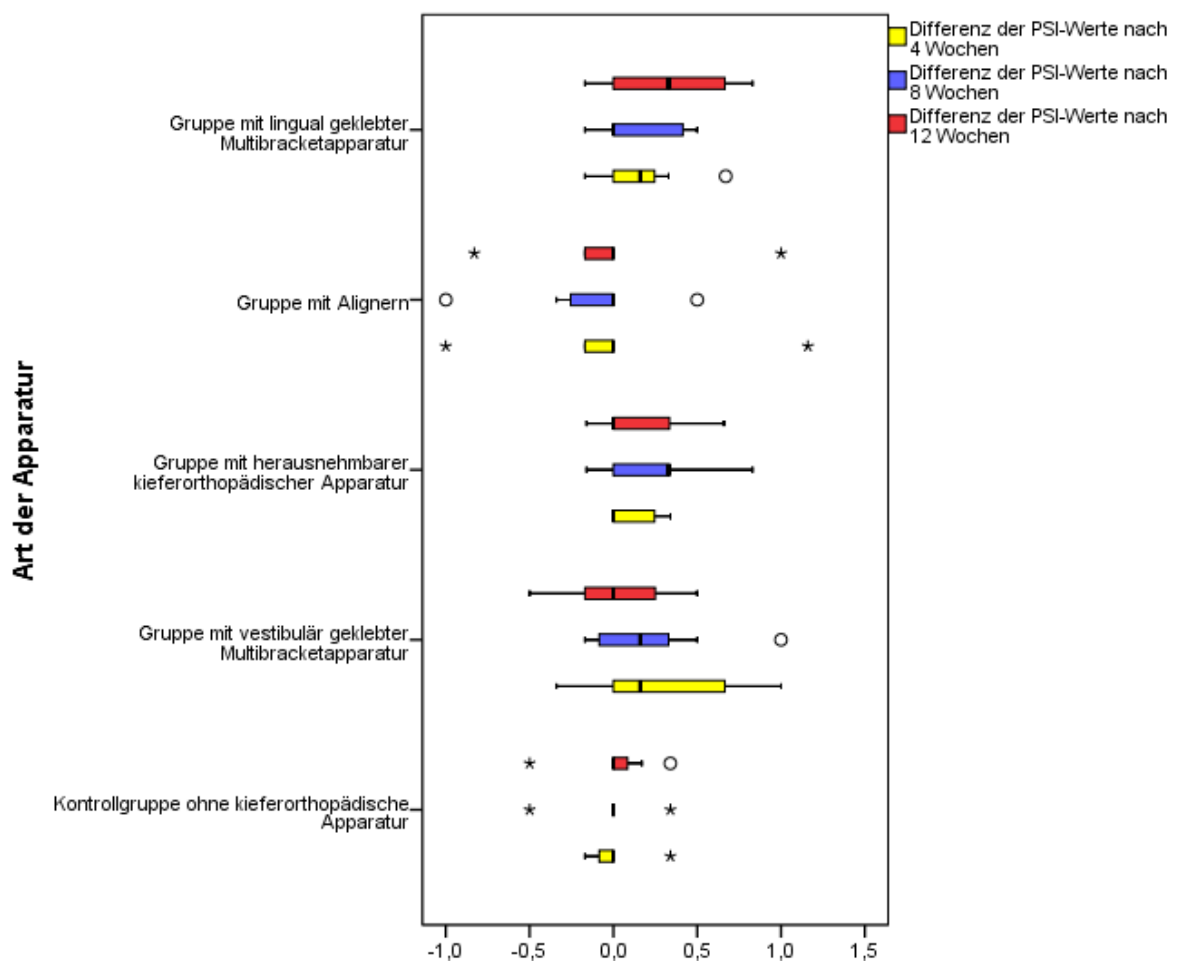


Abbildung 17: Darstellung der Veränderungen des PSIs nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur

Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,536$ ), 8 ( $p=0,215$ ) und 12 Wochen ( $p=0,388$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen des PSIs nachweisen.



### DMFT-Index

Durchschnittlich  $5,7 \pm 4,8$  kariöse, fehlende oder mit Füllungen versehene Zähne wiesen die Probanden bei der Baselineuntersuchung auf. Die geschlechterspezifischen Unterschiede waren hierbei sehr gering (männlich:  $5,7 \pm 4,5$ ; weiblich:  $5,6 \pm 5,3$ ).

Die höchsten Werte waren in der Kontrollgruppe ( $7,9 \pm 6,6$ ) und in der Gruppe mit lingual geklebter MB-Apparatur ( $7,7 \pm 5,4$ ) zu finden. Die Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur ( $3,3 \pm 4,8$ ) zeigte die niedrigsten Messwerte auf. Dazwischen lagen die Alignergruppe ( $4,4 \pm 1,7$ ) und die Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur ( $5,1 \pm 3,3$ ). Lediglich in der Gruppe mit Alignern zeigte sich im zeitlichen Verlauf eine leichte Zunahme des DMFT-Indexes. Die Werte in den restlichen Gruppen blieben im zeitlichen Verlauf hingegen unverändert.

Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,423$ ), 8 ( $p=0,423$ ) und 12 Wochen ( $p=0,072$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen des DMFT-Indexes nachweisen.

### Zungenbelags-Index nach Miyazaki:

Der Zungenbelags-Index nach Miyazaki betrug bei der Baselineuntersuchung durchschnittlich  $1,3 \pm 0,5$ . Die Messwerte der Jungen ( $1,3 \pm 0,5$ ) und Mädchen ( $1,3 \pm 0,6$ ) unterschieden sich hierbei kaum voneinander.

Die Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur wies bei der Baselineuntersuchung den geringsten Zungenbelag auf ( $0,9 \pm 0,5$ ). Darauf folgte die Kontrollgruppe ( $1,3 \pm 0,4$ ) und die Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur ( $1,4 \pm 0,6$ ). Sowohl in der Gruppe mit lingual geklebter MB-Apparatur als auch in der Aligner-Gruppe konnte ein Zungenbelagsindex von  $1,5 \pm 0,4$  gemessen werden.

Während der Zungenbelag in der Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur nach 4 Wochen am stärksten zunahm ( $0,2 \pm 0,4$ ), konnte in der Gruppe mit Alignern ( $-0,1 \pm 0,3$ ) sogar eine leichte Abnahme des Zungenbelags festgestellt werden. Der Messwert der Kontrollgruppe blieb unverändert ( $0,0 \pm 0,3$ ), während die Werte der Gruppen mit vestibulär geklebter MB-Apparatur ( $0,1 \pm 0,5$ ) und lingual geklebter MB-Apparatur ( $0,1 \pm 0,2$ ) leicht zunahmen.

Der Zungenbelagsindex blieb in der Gruppe mit Alignern nach 8 und 12 Wochen weiterhin leicht erniedrigt, während in allen anderen Gruppen leicht erhöhte Werte als bei der Baselineuntersuchung nachgewiesen wurden.

Die Veränderungen des Zungenbelagsindex innerhalb der verschiedenen Probandenkollektive nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung sind in Abbildung 18 dargestellt.

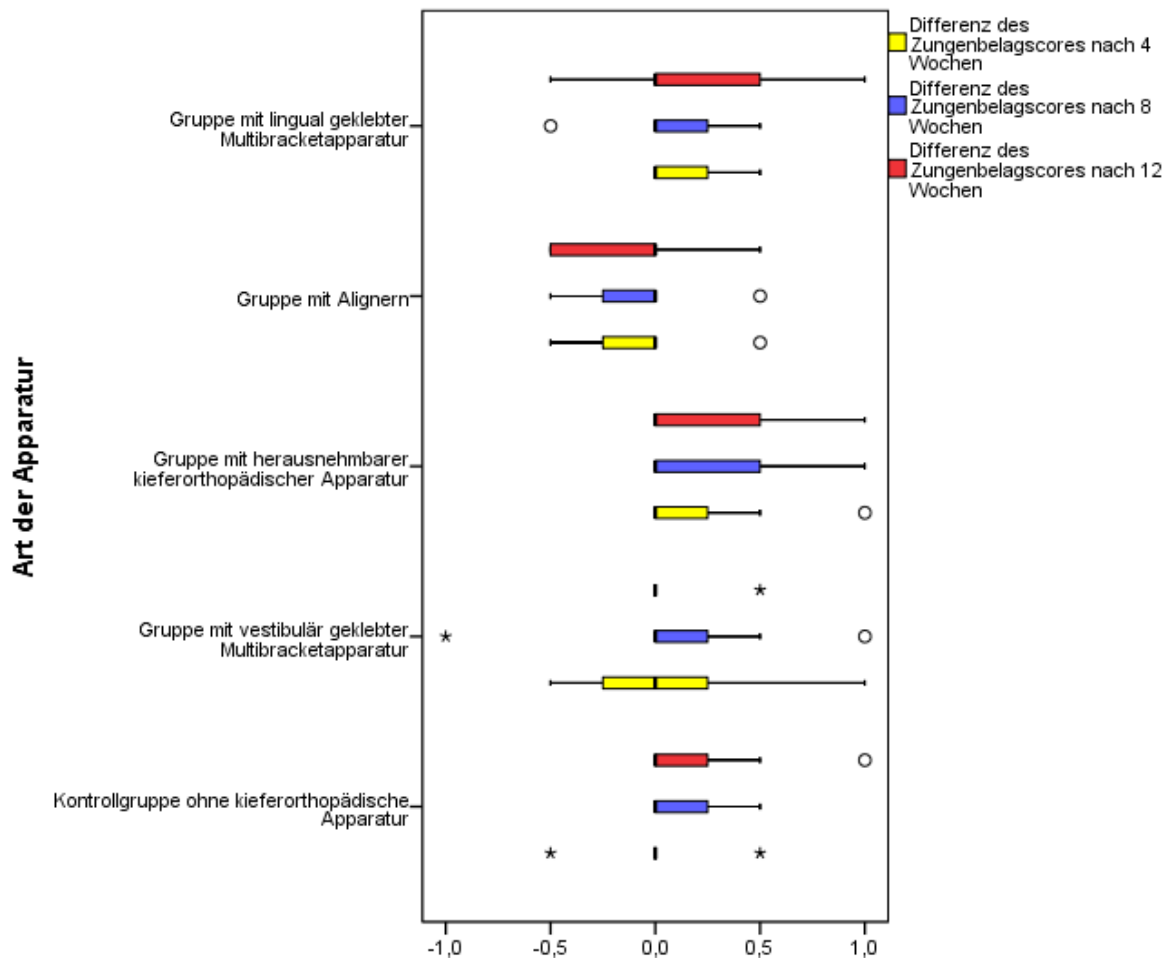


Abbildung 18: Darstellung der Veränderungen des Zungenbelagsindex nach Miyazaki nach 4, 8 und 12 Wochen in Bezug zur Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur

Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,641$ ), 8 ( $p=0,587$ ) und 12 Wochen ( $p=0,257$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen des Zungenbelagsindex nachweisen.

#### 4.4 Korrelationen zwischen klinischen Parametern, Halitosis und persönlichen Attributen

Der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman zeigte zwischen der organoleptischen- und instrumentellen Diagnosemethode zur Feststellung von Halitosis eine Korrelation von  $r = 0,603$  ( $p < 0,001$ ).

Die Diagnostik durch Selbsteinschätzung der Probanden zeigte hingegen keine Korrelationen, die über den zufällig zu erwartenden lagen, zu dem organoleptischen- oder instrumentellen Messverfahren auf ( $r = -0,101$ ;  $p = 0,566$  /  $r = -0,167$ ;  $p = 0,339$ ).

Eine Korrelation konnte zwischen dem Halimetermesswert und dem Zungenbelagsindex ( $r = 0,357$ ;  $p = 0,035$ ) festgestellt werden. Der Korrelationskoeffizienten nach Spearman zeigte Korrelationen zwischen dem Alter der Probanden und dem Zungenbelagsindex ( $r = 0,381$ ;  $p = 0,024$ ), dem organoleptischen Messwert ( $r = 0,430$ ;  $p = 0,010$ ) und dem Stresslevel der Probanden ( $r = 0,404$ ;  $p = 0,016$ ) bei der Baselineuntersuchung auf.

Ebenso waren Zusammenhänge zwischen verschiedenen Indices (PI, GI, PSI), die Aufschluss über die parodontale Situation und die Mundhygiene der Patienten geben, feststellbar. (Tab. 12)

Tabelle 12: Korrelationen verschiedener zahnärztlicher Indices

| Korrelationen |                                  |                         | PSI bei der Baselineuntersuchung | PI bei der Baselineuntersuchung | GI bei der Baselineuntersuchung |
|---------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Spearman-Rho  | PSI bei der Baselineuntersuchung | Korrelationskoeffizient | 1,000                            | 0,336*                          | 0,456**                         |
|               |                                  | Sig. (2-seitig)         | .                                | 0,048                           | 0,006                           |
|               |                                  | N                       | 35                               | 35                              | 35                              |
|               | PI bei der Baselineuntersuchung  | Korrelationskoeffizient | 0,336*                           | 1,000                           | 0,397*                          |
|               |                                  | Sig. (2-seitig)         | 0,048                            | .                               | 0,018                           |
|               |                                  | N                       | 35                               | 35                              | 35                              |
|               | GI bei der Baselineuntersuchung  | Korrelationskoeffizient | 0,456**                          | 0,397*                          | 1,000                           |
|               |                                  | Sig. (2-seitig)         | 0,006                            | ,018                            | .                               |
|               |                                  | N                       | 35                               | 35                              | 35                              |

\*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

\*\*. Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

## 4.5 Kid-Kindl<sup>R</sup>

In Bezug auf die Gesamtlebensqualität (Total Quality of life) waren die geschlechterspezifischen Unterschiede gering.

In den Kategorien „körperliches Wohlbefinden“, „Familie“ und „Freunde“ erzielten die Mädchen leicht bessere Werte als die Jungen.

Es ergaben sich deutliche Hinweise, dass das „psychische Wohlbefinden“ innerhalb des männlichen Probandenkollektivs besser bewertet wurde ( $T=2,22$ ;  $p = 0,033$ ). Auch die Kategorien „Selbstwert“ und „Schule“ wurden vom männlichen Probandenkollektiv positiver eingeschätzt. (Tab. 13)

Tabelle 13: Übersicht über die Kategorien des Kid-KINDL<sup>®</sup>s zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Geschlecht

|                                  | Geschlecht | Mittelwert | Standardabweichung |
|----------------------------------|------------|------------|--------------------|
| Total Quality of life (Baseline) | Junge      | 74,0       | 7,4                |
|                                  | Mädchen    | 72,7       | 7,4                |
| Körperliches Wohlbefinden        | Junge      | 67,1       | 8,8                |
|                                  | Mädchen    | 70,7       | 14,6               |
| Psychisches Wohlbefinden         | Junge      | 84,9       | 7,0                |
|                                  | Mädchen    | 79,3       | 7,8                |
| Selbstwert                       | Junge      | 59,9       | 26,1               |
|                                  | Mädchen    | 47,3       | 13,9               |
| Familie                          | Junge      | 86,2       | 10,5               |
|                                  | Mädchen    | 89,5       | 9,3                |
| Freunde                          | Junge      | 78,6       | 12,0               |
|                                  | Mädchen    | 82,0       | 12,7               |
| Schule                           | Junge      | 71,1       | 18,4               |
|                                  | Mädchen    | 62,5       | 15,8               |

Bei der Erstuntersuchung zeigte die Kontrollgruppe die höchste Lebensqualität ( $75,1 \pm 4,7$ ) auf, während die Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur den niedrigsten Wert aufwies ( $69,8 \pm 6,1$ ). Zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung ließen sich zwischen den Probandengruppen keine Unterschiede in der Gesamtlebensqualität nachweisen ( $p = 0,690$ ).

Während die Gesamtlebensqualität in der Kontrollgruppe und in der Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur bei den Kontrolluntersuchungen im Vergleich zur Baselineuntersuchung gleichblieb oder anstieg, stellte sich bei der Gruppe mit Alignern, bei der Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur und der Gruppe mit lingual geklebter MB Apparatur kein konstanter Trend dar. (Tab. 14)

Tabelle 14: Lebensqualität (Total Quality of Life) und deren Veränderung im zeitlichen Verlauf in den verschiedenen Probandengruppen, ermittelt durch den Kid-KINDL® Fragebogen

|                | Total Quality of Life (Baseline)    | Veränderung nach 4 Wochen          | Veränderung nach 8 Wochen          | Veränderung nach 12 Wochen          |
|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Kontrollgruppe | <i>M</i> : 75,1<br><i>SD</i> : 4,7  | <i>M</i> : 1,5<br><i>SD</i> : 5,4  | <i>M</i> : 1,0<br><i>SD</i> : 5,7  | <i>M</i> : 2,5<br><i>SD</i> : 3,6   |
| Vestibulär MB  | <i>M</i> : 69,8<br><i>SD</i> : 6,1  | <i>M</i> : 0,4<br><i>SD</i> : 6,9  | <i>M</i> : 0,0<br><i>SD</i> : 5,1  | <i>M</i> : 3,0<br><i>SD</i> : 11,2  |
| Herausnehmbar  | <i>M</i> : 74,6<br><i>SD</i> : 10,9 | <i>M</i> : -4,2<br><i>SD</i> : 4,5 | <i>M</i> : 0,3<br><i>SD</i> : 7,0  | <i>M</i> : -4,8<br><i>SD</i> : 22,5 |
| Aligner        | <i>M</i> : 74,3<br><i>SD</i> : 7,4  | <i>M</i> : 0,7<br><i>SD</i> : 5,5  | <i>M</i> : -1,6<br><i>SD</i> : 5,3 | <i>M</i> : -2,4<br><i>SD</i> : 5,8  |
| Lingual MB     | <i>M</i> : 73,1<br><i>SD</i> : 7,0  | <i>M</i> : -2,7<br><i>SD</i> : 7,0 | <i>M</i> : -0,7<br><i>SD</i> : 6,3 | <i>M</i> : 1,0<br><i>SD</i> : 5,5   |

Weder nach 4 ( $p = 0,334$ ), 8 ( $p = 0,931$ ) oder 12 Wochen ( $p = 0,700$ ) ließen sich Unterschiede in den Veränderungen der Gesamtlebensqualität zwischen den verschiedenen Probandenkollektiven nachweisen

Die Auswertung des Kid-KINDL®-Fragebogens nach den verschiedenen Kategorien ergab in allen Probandengruppen in der Kategorie „Familie“ die höchsten Resultate. Auch in der Kategorie „Psychisches Wohlbefinden“ konnte in allen Gruppen ein Mittelwert > 80 nachgewiesen werden. In einem vergleichbaren Bereich lagen zudem die Mittelwerte der Kategorie „Freunde“.

Die niedrigsten Mittelwerte ergaben sich in allen Probandengruppen in der Kategorie „Selbstwert“. Die niedrigsten Angaben zum eigenen Selbstwert wurden in der Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur beobachtet. Alle weiteren Gruppen machten ähnliche Angaben in dieser Kategorie.

Die höchsten Mittelwerte in den Kategorien „Körperliches Wohlbefinden“ und „Schule“ konnten in der Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur festgestellt werden. In den beiden o.g. Kategorien machte die Gruppe mit vestibulär geklebter MB-Apparatur die niedrigsten Angaben. (Tab. 15)

Tabelle 15: Übersicht über die verschiedenen Kategorien des Kid-KINDL®s zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung, aufgeteilt nach Art der Apparatur

|                | Körperliches Wohlbefinden | Psychisches Wohlbefinden | Selbstwert          | Familie             | Freunde             | Schule              |
|----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Kontrollgruppe | M: 67,0<br>SD: 4,7        | M: 83,0<br>SD: 7,8       | M: 56,3<br>SD: 26,0 | M: 93,8<br>SD: 6,3  | M: 83,9<br>SD: 11,9 | M: 65,2<br>SD: 9,4  |
| Vestibulär MB  | M: 67,0<br>SD: 19,0       | M: 83,0<br>SD: 5,9       | M: 47,3<br>SD: 15,2 | M: 87,5<br>SD: 10,8 | M: 72,3<br>SD: 15,2 | M: 58,9<br>SD: 19,4 |
| Herausnehmbar  | M: 73,2<br>SD: 13,4       | M: 80,4<br>SD: 11,1      | M: 55,4<br>SD: 25,4 | M: 83,9<br>SD: 12,4 | M: 83,0<br>SD: 12,9 | M: 75,9<br>SD: 9,1  |
| Aligner        | M: 68,8<br>SD: 8,8        | M: 82,1<br>SD: 5,6       | M: 55,4<br>SD: 21,8 | M: 86,6<br>SD: 9,8  | M: 80,4<br>SD: 10,5 | M: 64,3<br>SD: 10,7 |
| Lingual MB     | M: 67,9<br>SD: 10,5       | M: 83,0<br>SD: 9,4       | M: 56,3<br>SD: 25,8 | M: 86,6<br>SD: 9,8  | M: 81,3<br>SD: 10,2 | M: 71,4<br>SD: 24,4 |

## **5. Diskussion**

### **5.1 Diskussion von Material und Methode**

#### **5.1.1 Wahl der Halitosis-Messverfahren, der klinischen Parameter und der Fragebögen**

In der dargelegten Studie wurden zur exakten Diagnostik von Halitosis drei verschiedene Messverfahren angewandt. Sowohl die Messung durch den Geruchssinn eines Jurors (organoleptisches Messverfahren), die instrumentelle Messung mit einem Halimeter®, als auch die Selbsteinschätzung der Probanden zum aktuellen Bestehen von Mundgeruch erfolgten an jedem Untersuchungstermin. Die Halitosismessungen wurden durch einen Fragebogen zur aktuellen Medikamenteneinnahme, zu bestehenden Vorerkrankungen sowie zu den Mundhygienegewohnheiten der Probanden (siehe Kapitel 8.2) ergänzt. Eine derartige Anamnese wird von einem internationalen Konsens-Workshop vor Beginn der halitosispezifischen Untersuchungen empfohlen (8).

Quirynen et al. (10) verwendeten in einer Studie mit n=2000 Probanden, die eine Halitosisambulanz aufsuchten, einen gleichartigen Fragebogen. Sie befragten die Patienten gezielt zu Art und Ausmaß der vorliegenden Halitosis und erfragten ausführlich vorliegende Verhaltensmuster, wie beispielsweise Trink- und Rauchgewohnheiten sowie Besonderheiten in der Ernährung. Des Weiteren wurden Medikationen und Erkrankungen erfragt. Explizit wurde auf Krankheiten eingegangen, die in Verbindung zu extraoraler Halitosis stehen, wie systemische Erkrankungen, Lebererkrankungen oder Erkrankungen aus dem Bereich der HNO-Heilkunde (10, 16). Analog zu der hier beschriebenen Studie erfragten Zurfluh et al. (13) die Mundhygienegewohnheiten und ob bereits ein Verdacht auf das Vorliegen von unangenehmer Ausatemluft besteht. Sie ergänzten ihren Fragebogen bei dem ersten Studientermin nach Insertion der Brackets um die Fragen, ob sich seit dem ersten Termin die Ausatemluft verschlechtert oder eine Mundtrockenheit entwickelt hat.

Konträr zu der Empfehlung von Filippi (16) wurde sich in der vorliegenden Arbeit gegen eine Bestimmung der Speichelfließrate als potentielle Ursache für Halitosis entschieden. Einer reduzierten Speichelfließrate können beispielsweise starker Kaffeeconsum, Rauchgewohnheiten oder die Einnahme bestimmter Medikamente

zugrunde liegen (16). Da diese Risikofaktoren in unserem minderjährigen Probandenkollektiv unwahrscheinlich erschienen und eine aktuelle klinische Studie (147) zeigte, dass die Speichelfließrate nach Insertion einer festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur sogar signifikant ansteigt, wurde sie hier nicht weiter untersucht.

Die Untersuchungen der dargelegten Studie erfolgten zwischen 8 und 17 Uhr. Da die Studientermine mit den kieferorthopädischen Kontrollterminen, sofern möglich, kombiniert wurden, konnte keine generelle Tages- bzw. Uhrzeit für die Studientermine festgelegt werden. Beispielsweise wurden festsitzende Apparaturen zumeist vormittags inseriert, während die jeweiligen Kontrolltermine der eingesetzten Apparaturen vornehmlich nachmittags stattfanden. Da die höchste Intensität von physiologischer Halitosis nach Perioden von geringem Speichelfluss und Nahrungskarenz auftritt (49), kann es durch die unterschiedlichen Tageszeiten, an denen die Messungen stattfanden, zu Verfälschungen der Ergebnisse gekommen sein. Babacan et al. (11) sowie Kaygisiz et al. (148) führten hingegen die Untersuchungen stets morgens/vormittags durch. Nach dem Abendessen am Tag zuvor wurden ihre Probanden instruiert die Zähne ein letztes Mal zu putzen. Von diesem Zeitpunkt bis zur Untersuchung am nächsten Morgen durften die Probanden weder essen, trinken, noch Mundhygienemaßnahmen durchführen. Zudem wurden die Probanden angewiesen scharfe sowie zwiebel- und knoblauchhaltige Lebensmittel für mindestens 48 Stunden vor dem Studientermin zu vermeiden (11, 148). Diese strengen Regularien erfordern ein hohes Maß an Compliance der Patienten und die Einhaltung der Vorgaben ist schwierig zu kontrollieren. Daher wurde sich dazu entschlossen, die Probanden lediglich zu einem mindestens einstündigen Verzicht von Mundhygienemaßnahmen, Nahrungs- sowie Flüssigkeitsaufnahme vor den Untersuchungen anzuweisen. Da diese Auflagen einfacher einzuhalten waren als die zuvor genannten, erhoffte man sich eine konsequente Einhaltung der Vorgaben und eine somit erhöhte Reproduzierbarkeit der Messergebnisse. Dennoch war auch die vorliegende Arbeit abhängig von den wahrheitsgemäßen Angaben der Untersuchten und der Einhaltung der Regularien.

Seemann et al. (8) empfahlen in einem internationalen Konsens-Workshop explizit die Messung der Ausatemluft sowohl mit objektivem (instrumentellem) als auch subjektivem (organoleptischem) Verfahren. Zusätzlich raten sie zur Verwendung eines halitosispezifischen Fragebogens, der die Selbsteinschätzung der Probanden in



Bezug zu ihrer Ausatemluft widerspiegelt (8). Diesen Empfehlungen wurde in der dargelegten Studie Folge geleistet. Die organoleptische Messung ist das am häufigsten in Mundgeruchsstudien gewählte Halitosis-Messverfahren (72), jedoch wird in der Literatur die Subjektivität der Messergebnisse durch unterschiedliche Geruchswahrnehmungen und die daraus resultierende, geringe Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen verschiedener Juroren bemängelt (24, 71).

Das organoleptische Messverfahren wurde ebenfalls in Studien von Schaefer und Braumann (121) sowie Zurfluh, van Waes und Filippi (13) zur Bestimmung von Halitosis bei kieferorthopädischen Probanden verwendet. Dieses Messverfahren wurde zudem in Studien zur Überprüfung der Ausatemluft bei Halitosispatienten angewandt (10, 73). Die organoleptische Beurteilung durch eine Jury ist sehr verlässlich, jedoch klinisch schwer umzusetzen (56). Um dennoch präzise Ergebnisse erzielen zu können, erfolgte vor Studienbeginn die Kalibrierung des Jurors durch Ermittlung der Intrarater- und Interrater-Reliabilität mit einem weiteren erfahrenen Untersucher. Zur Objektivierung der Messungen erfolgten die Geruchsproben stets durch denselben Juror, der konstant einen Abstand von 10 cm zum Mund der Patienten einhielt. Die organoleptische Messung erfolgte zur Wahrung der Unvoreingenommenheit des Prüfers immerzu vor der instrumentellen Messung.

Bei der instrumentellen Messung ermöglicht die Messung mit einem Gaschromatographen im Vergleich zu den Sulfidmonitoren einen detaillierteren Nachweis bestimmter Gase (56). Sulfidmonitore enthalten eine Pumpe, die Luft aus dem Mundraum des Patienten saugt und zu einem Sensor transportiert, der die Gesamtzahl der VSCs registriert (66, 73). Eine Differenzierung der unterschiedlichen VSCs ist mit Sulfidmonitoren nicht möglich und weitere übelriechende Verbindungen, wie beispielsweise Putreszin, Cadaverin und Buttersäure können nicht nachgewiesen werden (78). Durch die fehlende Messbarkeit weiterer Geruchsstoffe kann beispielsweise ein hoher organoleptischer Messwert vorliegen, während mit dem verwendeten Sulfidmonitor lediglich geringe VSC-Messwerte festzustellen sind (56). Da Sulfidmonitore jedoch kostengünstiger und klinisch besser einsetzbar sind (56), wurde sich in der vorliegenden Studie für die instrumentelle Messung mit einem Sulfidmonitor in Form eines Halimeters®RH-17 (Interscan ANSYCO GmbH, Karlsruhe, DE) entschieden. Der Messvorgang wurde stets auf die gleiche Art und Weise (siehe Kapitel 3.2.7 Instrumentelle Messung der Halitosis) durchgeführt und orientierte sich an dem vom Hersteller des Halimeters® empfohlenen und in der

Literatur beschriebenen Messprozedere (73, 140). Auch in weiteren klinischen Studien wurden größtenteils Sulfidmonitore zur Detektion der VSCs verwendet (10-12, 58, 73, 121, 148). Lediglich Costacurta et al. (59) benutzten in einer vergleichbaren Studie einen Gaschromatographen zur Halitosisbestimmung.

Da Zungenbelag innerhalb der Mundhöhle als Hauptursache für Halitosis gilt (9, 10), wurde das Vorliegen von Zungenbelag durch den Zungenbelag-Index nach Miyazaki (138) bestimmt. Dieser Index wurde auch in vergleichbaren Studien zur quantitativen Bestimmung des Zungenbelags verwendet (13, 121). Im Vergleich zu den Zungenbelag-Indices nach Winkel (149) oder Shimizu (150), bei denen die Zunge in mehrere Felder unterteilt wird, erschien der von uns gewählte Index klinisch praktikabler.

Kieferorthopädische Apparaturen führen zu einer vermehrten Plaqueanlagerung auf den Zahnflächen und erschweren die Reinigung der Zähne. Diese qualitativen und quantitativen Veränderungen des Plaquevorkommens können zu Erkrankungen des Parodonts und zur Entstehung von Karies bei den Patienten führen (151). Durch die Insertion von kieferorthopädischen Apparaturen werden Bereiche geschaffen, in denen Speisereste verbleiben und die Elimination von Plaque durch mastikatorische Kräfte, Zähneputzen oder Speichelfluss verhindert wird (152). Da in der Literatur zudem über einen Zusammenhang von starkem Plaquevorkommen und dem Vorliegen von Halitosis berichtet wird (153), wurde in dieser Studie auch der Plaqueindex ermittelt. Eine systematische Übersichtsarbeit von Al-Anezi und Harradine (154) zeigte, dass der Großteil der kieferorthopädischen Studien den PI nach Silness und Loe (137) zur quantitativen Plaquebestimmung nutzte; daher wurde dieser gleichermaßen in der vorliegenden Arbeit verwendet. Dieser Index wurde ebenso in Studien mit vergleichbarem Studiendesign verwendet (11-13, 58, 73, 97, 116, 121, 148, 155).

Da bekannt ist, dass während der Therapie mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen ein hohes Risiko für die Entstehung von Gingivitiden besteht (101) und sich parodontale Parameter im Therapieverlauf tendenziell verschlechtern (111), wurden in der dargelegten Untersuchung sowohl der GI nach Silness und Loe (137) als auch der PSI (136) ermittelt. Der GI fand in zahlreichen gleichartigen Studien (11, 12, 58, 73, 116, 121, 148, 155) Anwendung zur Identifikation qualitativer Veränderungen gingivalen Weichgewebes (137).

Mit dem PSI wurde hingegen die parodontale Behandlungsbedürftigkeit der Probanden analysiert. Ainamo, Nordblad und Kallio (156) raten jedoch von einer Überinterpretation der Messwerte bei unter 20-jährigen ab, da es sich beispielsweise auch um Pseudotaschen von durchbrechenden Zähnen handeln kann.

Die negative Veränderung der intraoralen Bakterienzusammensetzung, die durch das Tragen von kieferorthopädischen Apparaturen entsteht, führt zu einem erhöhten Risiko für die Entstehung kariöser Läsionen während des Behandlungszeitraums. Die kariöse Zerstörung der Zahnhartsubstanz führt oftmals zu irreversiblen Defekten (157). Tiefe kariöse Läsionen werden als mögliche Ursache für Halitosis gesehen (56). Um den Zusammenhang von Halitosis und Karies zu untersuchen und um die Kariesentwicklung während des Tragens von verschiedenen kieferorthopädischen Apparaturen zu überprüfen, wurde in der dargelegten Arbeit der DMF/T-Index nach Klein, Palmer und Knutson (139) verwendet. Der DMF/T-Index fand ebenfalls in weiteren kieferorthopädischen und halitosispezifischen Studien Verwendung (155, 158, 159).

Mit dem Kid-KINDL®-Fragebogen wurde untersucht, ob eine spezifische kieferorthopädische Subpopulation im Vergleich zu anderen zu einer Verbesserung oder Verschlechterung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität im Therapieverlauf tendiert. Da vor allem zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung Schmerzen entstehen, welche die MLQ negativ beeinflussen können (126), eignet sich der von uns gewählte Studienzeitraum in den ersten 12 Wochen nach Insertion von kieferorthopädischen Apparaturen vornehmlich zur Untersuchung dieser Fragestellung.

AlSeraidi et al. (160) und Antonio-Zancajo et al. (161) untersuchten ebenfalls die Lebensqualität von Patienten mit Alignern, vestibulär- sowie lingual festsitzenden Apparaturen. Konträr zu der dargelegten Studie fand jedoch kein Vergleich mit einer Kontrollgruppe oder einer Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur statt.

### **5.1.2 Wahl der zu untersuchenden Gruppen und der Probandenzahl**

Im Rahmen dieser prospektiven, klinischen Studie wurden 35 Probanden untersucht, um die Hauptfragestellung zu überprüfen, ob eine spezifische kieferorthopädische Subpopulation im Vergleich zu anderen zu einer Intensivierung des Mundgeruchs im zeitlichen Verlauf der Therapie tendiert.

Sekundär wurde überprüft, inwiefern sich die Mundgesundheit durch die Insertion unterschiedlicher Zahnspangenarten verändert. Mit Fragebögen wurde analysiert, welchen Einfluss die Therapie mit kieferorthopädischen Apparaturen auf die Lebensqualität und das Wohlbefinden der Jugendlichen hat.

Eingeschlossen in die vorliegende Studie wurden Kinder und Jugendliche zwischen 11 und 17 Jahren mit schriftlicher Zustimmung der Erziehungsberechtigten. Damit lag das Alter unseres Probandenkollektivs in einem ähnlichen Rahmen wie vergleichbare Studien von Babacan et al. (11) (12-15 Jahre) Nalcaci et al. (58) (11-16 Jahre) und Kaygisiz et al. (148) (12-18 Jahre). Schaefer und Braumann (121) untersuchten hingegen lediglich Erwachsene, während Zurfluh, van Waes und Filippi (13) ein breiteres Altersspektrum (9-27 Jahre) in ihre Studie aufnahmen.

In der dargelegten Studie betrug das Durchschnittsalter der Probanden zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung  $14,3 \pm 2,1$  Jahre. Die Gruppe mit herausnehmbarer Apparatur wies mit 11,6 Jahren den niedrigsten Altersdurchschnitt auf, während der Altersschnitt der restlichen Gruppen zwischen 14,3 und 16,0 Jahren lag. Das Verhältnis von männlichen (54%) zu weiblichen (46%) Studienteilnehmern war annähernd ausgeglichen. Keiner der Studienteilnehmer gab eine weitere Geschlechtsidentität an.

Diese Verteilung korreliert stark mit der Studie von Kaygisiz et al. (148), bei der zu 53,3% männliche und zu 46,7% weibliche Personen untersucht wurden. Auch das Durchschnittsalter in den von ihnen untersuchten Gruppen war mit dieser Studie übereinstimmend. In ihren unterschiedlichen Studiengruppen betrug das Durchschnittsalter  $14,7 \pm 1,39$ ,  $14,0 \pm 1,01$  und  $14,4 \pm 1,46$  Jahre, wodurch eine hohe Vergleichbarkeit zu unserem Probandenkollektiv gegeben ist.

Eine ähnliche Geschlechterverteilung und ein ähnliches Durchschnittsalter lag in der Studie von Babacan et al. (11) vor. Ihre Studiengruppe bestand zu 60% aus Mädchen und zu 40% aus Jungen, während das Durchschnittsalter bei  $13,05 \pm 1,48$  Jahren lag. Ebenso wies ihre Kontrollgruppe eine vergleichbare Geschlechterverteilung auf (55% weiblich, 45% männlich) und auch das Durchschnittsalter lag in einem vergleichbaren Rahmen ( $13,70 \pm 1,61$  Jahre). Costacurta et al. (59) nahmen in gleichem Maße männliche sowie weibliche Probanden in ihre Studie auf, jedoch waren ihre Probanden deutlich jünger als zuvor genannte ( $8,7 \pm 2,1$  Jahre). Schaefer und Braumann (121) untersuchten hingegen mehr als 75% Frauen. Da geschlechter- und altersspezifische Unterschiede in Bezug zum Vorliegen von Halitosis bestehen (38), kann eine Abweichung dieser Faktoren zwischen den Studien deren Vergleichbarkeit verringern.

Als Ausschlusskriterium für die vorliegende Studie wurde Endokarditis in der Anamnese bzw. ein erhöhtes Endokarditisrisiko festgelegt. Selbst nicht-chirurgische, dentale Routinemaßnahmen führen oft zu einer Bakteriämie, die bei prädisponierten Personen eine tödliche, infektiöse Endokarditis auslösen kann (162). Daher wurden Probanden mit Endokarditisrisiko von der Studie ausgeschlossen. Auch bei Zweifeln an der Einsichtsfähigkeit oder einer fehlenden Einwilligungsfähigkeit wurden die potenziellen Probanden nicht in die Studie aufgenommen. Mindestens eine Stunde vor den Studienterminen durften die Probanden nicht mehr trinken, essen, rauchen sowie Mundhygienemaßnahmen durchführen. Bei Zuwiderhandlung erfolgte deren Ausschluss, um eine Verfälschung der Messwerte zu vermeiden. Die Einschlusskriterien von vergleichbaren Studien unterschieden sich teils stark untereinander (11, 59, 148).

Babacan et al. (11) schlossen nur Probanden in die Studie ein, die keine vorherige kieferorthopädische Behandlung hatten und bei denen keine kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Eingriffe geplant waren. Zudem war eine mangelnde Mundhygiene zu Beginn der Studie ein weiteres Ausschlusskriterium. Kaygisiz et al. (148) legten fest, dass lediglich Patienten mit Angle Klasse I und milden bis moderaten Engständen in der bleibenden Dentition in die Studie aufgenommen werden. Zudem durften keine systemischen oder nasopharyngealen Erkrankungen bestehen. Auch die Einnahme von Antibiotika und die Verwendung von Mundspüllösungen durfte in den letzten beiden Monaten vor Beginn der Studie nicht stattgefunden haben. Ähnliche Einschlusskriterien wurden zudem von Nalcaci et al. (58) gewählt. Simultan zu der

Studie von Kaygisiz et al. (148) war Voraussetzung für die Teilnahme an ihrem Forschungsvorhaben, dass lediglich milde bis moderate Engstände in der bleibenden Dentition vorliegen und keine Einnahme von Antibiotika in den letzten 3 Monaten vor Studienbeginn erfolgte. Des Weiteren musste wie bei Babacan et al. (11) zu Beginn der Studie eine gute Mundhygiene vorhanden sein und eine kieferorthopädische Behandlung durfte vor Studienbeginn nicht stattgefunden haben. Costacurta et al. (59) entschieden sich hingegen für offenere Einschlusskriterien. Sie schlossen alle Probanden ohne systemische Erkrankungen ein, die in den letzten 30 Tagen vor Studienbeginn keine Medikamente einnahmen.

Da in dieser Studie die Veränderungen der Intensität der Ausatemluft und der verschiedenen klinischen Parameter im zeitlichen Verlauf untersucht wurden, wurde eine regelmäßige Medikamenteneinnahme oder eine mangelhafte Mundhygiene zu Beginn der Studie nicht als Ausschlusskriterium festgelegt. Eine Veränderung des Medikationsplans im Verlauf der Studie hätte jedoch zum Ausschluss geführt, da bestimmte Medikamente die Ausatemluft beeinflussen können (16).

Im Gegensatz zu gleichartigen Studien (11, 58) führte eine bereits erfolgte, kieferorthopädische Behandlung nicht zum Ausschluss aus unserer Studie. Zwischen den Behandlungen musste jedoch eine Behandlungspause ohne das Tragen einer kieferorthopädischen Apparatur von mindestens einem Monat stattgefunden haben.

Vergleichbare Studien, die Veränderungen der Ausatemluft und klinischer Parameter nach Insertion kieferorthopädischer Apparaturen untersuchten, wiesen ähnliche Probandenzahlen auf. Während Schaefer und Braumann (121) n=31 Probanden untersuchten, nahmen Kaygisiz et al. (148) n=60 Probanden in ihre Studie auf. Die Probandenzahl weiterer, gleichartiger Studien (11, 13, 58) lag zwischen den zuvor genannten Werten.

In dieser Studie wurden insgesamt fünf verschiedene Probandenkollektive untersucht. Eine Kontrollgruppe ohne Apparatur sowie vier Probandenkollektive mit unterschiedlichen kieferorthopädischen Apparaturen, wurden miteinander verglichen. Zu den Apparaturen, die untersucht wurden, zählten herausnehmbare Apparaturen, Aligner, vestibulär geklebte MB-Apparaturen und lingual geklebte MB-Apparaturen.

Die Gesamtprobandenzahl teilte sich in der hier aufgezeigten Studie gleichmäßig in sieben Probanden pro Gruppe auf. In der vergleichbaren Literatur wurden hingegen maximal drei verschiedene Probandenkollektive miteinander verglichen (11, 13, 58, 59, 121, 148). Die zuvor genannten Studien untersuchten ebenfalls Unterschiede im Bereich der Mundgeruchsentwicklung zwischen verschiedenen kieferorthopädischen Patientengruppen. Verglichen wurden die Veränderungen der Ausatemluft beispielsweise nach Insertion unterschiedlicher Bracketarten (58, 148), bei begleitender Therapie mit einer Chlorhexidin-Mundspüllösung (121) oder die Unterschiede von Patienten mit kieferorthopädischen Apparaturen und Kontrollgruppen (11, 59).

Keine der zuvor genannten Studien nimmt jedoch eine derartige, detaillierte Unterteilung des kieferorthopädischen Patientenkollektivs nach der verwendeten kieferorthopädischen Apparatur vor und stellt fünf unterschiedliche Probandengruppen gegenüber. Somit sind differenzierte Vergleiche zu den Ergebnissen aktueller Studien in einigen Punkten nur bedingt möglich.

## 5.2 Diskussion der Ergebnisse

### 5.2.1 Diskussion der Ergebnisse der Geruchsmessungen

Der durchschnittlich gemessene VSC-Gehalt der Ausatemluft betrug zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung  $91,17 \pm 54,53$  ppb. Damit liegen die gemessenen Werte zwischen den Durchschnittswerten, die von Babacan et al. (11) in ihrer Studien- ( $58,55 \pm 13,77$  ppb) bzw. Kontrollgruppe ( $58,1 \pm 14,32$  ppb) vor Insertion der kieferorthopädischen Apparatur gemessen wurden, und den initialen Messwerten ( $115,92 \pm 8,72$  ppb) von Sökücü et al. (12). Auffällig ist die vergleichsweise große Standardabweichung der VSC-Messwerte zu Beginn der dargelegten Studie, die die unterschiedlichen Ausgangssituationen bezüglich der Mundgeruchsintensität der Studienteilnehmer verdeutlicht.

Weibliche Probanden wiesen bei der Baselineuntersuchung höhere Messwerte als männliche auf; die Unterschiede waren bei einem Signifikanzniveau von 5 % jedoch statistisch nicht signifikant ( $p=0,08$ ). Der Einfluss des Geschlechts auf die VSC-Konzentration der Ausatemluft wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Während Abdullah et al. (39) vergleichsweise höhere Messwerte bei männlichen Probanden feststellen konnten, zeigte eine Studie von Liu et al. (163) gegenteilige Ergebnisse.

In der Literatur ist kein klarer VSC-Schwellenwert definiert, ab dem von einer vorliegenden Halitosis gesprochen werden kann. In der vorliegenden Untersuchung wurde ab einem VSC-Messwert  $> 110$  ppb eine Halitosis diagnostiziert. Dieser Schwellenwert wurde auch in den Studien von Bornstein et al. (34) und Chen et al. (164) verwendet. Delanghe et al. (165) legten hingegen fest, dass alle Werte  $< 200$  ppb als normale Ausatemluft bewertet werden, während Rösing und Loesche (166) bereits ab einem Messwert von  $\geq 75$  ppb von einem Vorliegen von einer Halitosis sprechen. Die Diskrepanz der Schwellenwerte und der verschiedenen Messverfahren erschwert die Gegenüberstellung verschiedener Halitosisstudien bezüglich der Prävalenz von Halitosis und erlaubt nur eine mäßige Vergleichbarkeit.

Zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung wurde bei 14,29% der Probanden eine Halitosis mit einem Halimeter® diagnostiziert, während nach 8 Wochen mit 22,86% die höchste Halitosisprävalenz im Probandenkollektiv vorlag. Die ermittelte Prävalenz ist im Vergleich zu anderen Studien, die Halitosis durch Bestimmung der VSC-



Konzentration ermittelten eher niedrig. Bornstein et al. (34) gaben eine Prävalenz von Halitosis bei 27,9% ihres Probandenguts an, während Lin et al. (41) bei 23% der Untersuchten eine Halitosis feststellen konnten. Der Halitosisgrenzwert der zuvor genannten Studien ( $< 75$  ppb /  $> 100$  ppb) wurde jedoch im Vergleich zur vorliegenden Studie niedriger festgelegt, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit für ein Halitosisvorliegen erhöht. Zudem handelte es sich in dieser Studie lediglich um minderjährige Teilnehmer ohne Allgemeinerkrankung. Da in der Literatur über eine Zunahme der VSC-Konzentration mit steigendem Alter berichtet wird (39), kann das niedrige Probandenalter eine weitere Ursache für die geringe Prävalenz sein.

Ab einem organoleptischen Messwert von  $> 2$  auf der Skala nach Rosenberg et al. (73), was einer moderaten Intensität des Mundgeruchs entspricht, wurde in der vorliegenden Studie eine Halitosis diagnostiziert. Dieser Grenzwert wird auch in internationalen Studien zur Halitosisprävalenz verwendet (34-36). Zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung wurde die Halitosis organoleptisch bei 5,7% der Probanden diagnostiziert, während die größte Prävalenz von Halitosis im Probandenkollektiv (17,1%) bei der Untersuchung nach 12 Wochen festgestellt wurde. Damit liegt die von Nalcaci et al. (167) organoleptisch gemessene Halitosisprävalenz von 14,5 % bei Kindern zwischen 7 und 11 Jahren zwischen unseren Messwerten. Studien, die lediglich Volljährige untersuchten, wiesen eine deutlich höhere Prävalenz in ihrem Probandenkollektiv auf (34-36). Ein Zusammenhang von der Zunahme der organoleptischen Messwerte mit steigendem Alter wurde in der Literatur bereits beschrieben (167). Auch in der dargelegten Studie konnte eine Korrelation zwischen dem Alter der Probanden und den organoleptischen Messwerten festgestellt werden ( $r: 0,430$ ;  $p: 0,010$ ).

Bei der Baselineuntersuchung gaben 14,29 % der Probanden in einem Fragebogen an, dass sie „manchmal“ oder sogar „häufig“ an Mundgeruch leiden. Nach 8 Wochen hatten bereits 22,86 % das Gefühl zumindest „manchmal“ üble Ausatemluft bei sich selbst zu bemerken. Die hier vorliegenden Ergebnisse korrelieren somit stark mit denen von Nadanovsky, Carvalho und Ponce de Leon (38) sowie Kim et al. (37), die ebenfalls mit einem Fragebogen die subjektive Selbsteinschätzung ihres Probandenkollektivs bezüglich einer bestehenden Halitosis überprüften. 15 % (38) bzw. 23,6 % (37) gaben in ihren Studien an, dass sie an Mundgeruch leiden. Die Ergebnisse hier zeigen, dass bereits im kindlichen bzw. jugendlichen Alter eine gewisse Sensibilisierung zum Thema Mundgeruch in der Bevölkerung vorliegt.

Die Diagnostik einer Halitosis durch organoleptische Messung ( $> 2$ ) und instrumentelle Messung mit einem Halimeters® ( $> 110$  ppb) zeigte eine zweiseitig hochsignifikante Korrelation ( $p < 0,001$ ). Die Korrelation der beiden Messverfahren konnte bereits mehrfach in der Literatur nachgewiesen werden (168-170). Dies verdeutlicht, dass sowohl organoleptische als auch instrumentelle Messverfahren als verlässliche Methoden zur Halitosisdiagnostik dienen und unterstützt die Empfehlungen zur Halitosisdetektion von Seemann et al. (8), die diese beiden Verfahren als primär anzuwendende Methoden deklarieren. Während das organoleptische Messverfahren obligatorisch anzuwenden ist, wird die instrumentelle Messung als unterstützende Diagnostik empfohlen. Da es sich um ein objektives Messverfahren handelt, kann vor allem zu Patienten mit Halitophobie oder Pseudohalitosis ein Vertrauensverhältnis aufgebaut werden. (8) Mit der Software HaliSoft™ kann zudem die VSC-Konzentration der Ausatemluft graphisch dargestellt und die Resultate der Messungen verdeutlicht werden (140).

Die Selbsteinschätzung der Probanden in Bezug zu einem Vorliegen einer Halitosis korrelierte in der dargelegten Studie weder mit dem instrumentellen ( $p=0,339$ ) noch mit dem organoleptischen ( $p=0,566$ ) Messverfahren. Eine Diskrepanz von der Selbstwahrnehmung der eigenen Ausatemluft und klinischen Messverfahren wurde ebenfalls von Iwakura et al. (40) beschrieben. Bei lediglich 24,1% ihrer Probanden, die selbst annahmen an Halitosis zu leiden, konnte übelriechende Ausatemluft festgestellt werden. Während Individuen fälschlicherweise von einem Vorliegen einer Halitosis bei sich selbst ausgehen, sind sich andere ihrer Erkrankung nicht bewusst (171). Diese Erkenntnisse konnten in einer Studie von Rosenberg et al. (33) bestätigt werden. Von insgesamt 88 Probanden gingen 19 Probanden von einem Vorliegen einer Halitosis aus, ohne dass dies klinisch nachgewiesen werden konnte. Des Weiteren konnten sie neun Probanden mit Halitosis identifizieren, die sich ihrer Halitosis-symptomatik nicht bewusst waren.

Als **Hauptfragestellung** der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, ob die Insertion verschiedener kieferorthopädischer Apparaturen im zeitlichen Verlauf zu signifikanten Veränderungen der **VSC-Konzentration der Ausatemluft** zwischen den Gruppen führt. Während in den Gruppen mit Alignern und vestibulär festsitzenden Apparaturen eine Abnahme der VSC-Konzentration im Vergleich zur Baselineuntersuchung festzustellen war, wurden in den restlichen Gruppen erhöhte Messwerte im zeitlichen Verlauf nachgewiesen. Durch eine univariate Varianzanalyse

konnte jedoch nachgewiesen werden, dass zwischen den Gruppen weder nach 4 ( $p=0,529$ ), 8 ( $p=0,750$ ) oder 12 Wochen ( $p=0,543$ ) signifikante Unterschiede in den Veränderungen der VSC-Konzentrationen auftraten.

In der Literatur wird die Auswirkung des „Hawthorne Effekts“ auf das Verhalten kieferorthopädischer Patienten beschrieben, die an einer klinischen Studie teilnehmen (172). „Hawthorne Effekte“ beschreiben die Verhaltensänderungen von Patienten oder auch Ärzten, die Teil einer Studie sind. Ursächlich für die Veränderungen können das gesteigerte Wissen oder Interesse im Bereich des Forschungsvorhabens sein. Zudem kann das Gefühl, unter Beobachtung zu stehen, zu einer Änderung des Verhaltens führen. (173)

Feil et al. (172) konnten in einer Studie an kieferorthopädischen Patienten durch absichtliche Provokation des „Hawthorne Effekts“ eine Verbesserung der Mundhygiene nachweisen. Sie beobachteten, dass der „Hawthorne Effekt“ bis zu 6 Monate die Verhaltensmuster der Patienten beeinflussen kann. Die zuvor genannten wissenschaftlichen Erkenntnisse bei Teilnehmern einer klinischen Studie könnten eine Ursache dafür sein, dass sich die Veränderungen der VSC-Messwerte zwischen den Gruppen durch die gesteigerte Aufmerksamkeit bezüglich Mundhygienemaßnahmen und der Intensität der eigenen Ausatemluft nicht signifikant unterschieden und auch im Vergleich zur Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede auftraten. Unterstützend für die Annahme, dass Verhaltensänderungen der Probanden eine Ursache für die ausgebliebenen Unterschiede zwischen den verschiedenen, untersuchten Gruppen darstellen, ist die Beobachtung in der dargelegten Studie zu sehen, dass die Patienten mit kieferorthopädischer Apparatur nach 4 ( $T = 3,873$ ;  $p = 0,001$ ), 8 ( $T = 4,277$ ;  $p < 0,001$ ) und 12 ( $T = 3,286$ ;  $p = 0,003$ ) Wochen häufiger die Zähne putzten als noch zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung. Eine derartige Verbesserung des Zahnputzverhaltens blieb in der Kontrollgruppe aus (jeweils  $T = 1,000$ ;  $p = 0,356$ ). Des Weiteren liegt der von uns untersuchte Studienzeitraum von 12 Wochen in der Zeitspanne, in der von Feil et al. (172) Verhaltensänderungen der Probanden beschrieben wurden (6 Monate).

Die dargelegten Resultate korrelieren mit den Erkenntnissen von Kaygisiz et al. (148), die ebenfalls keine signifikanten Veränderungen der VSC-Konzentration im zeitlichen Verlauf zwischen Probanden mit verschiedenen Bracketarten und einer Kontrollgruppe feststellen konnten. Ferner resümierten Abdulraheem et al. (174) in einer systematischen Übersichtsarbeit, dass Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen im Vergleich zu Kontrollgruppen weder zu einer

Erhöhung der VSC-Werte noch zur Entstehung einer Halitosis neigen. Kaygisiz et al. (148) schlussfolgerten, dass die Durchführung von Mundhygienemaßnahmen, wie beispielsweise Zähneputzen und Zungenreinigung, einen größeren Einfluss auf die Halitosisentwicklung hat als die Art der verwendeten Brackets. Diese Erkenntnisse können auch in der dargelegten Studie für die ausgebliebenen Unterschiede zwischen den verschiedenen Gruppen verantwortlich sein. Durch die ausführliche Aufklärung bezüglich anzuwendender Mundhygienemaßnahmen und Demonstration empfohlener Techniken vor Insertion der verschiedenen Apparaturen kann die Qualität und Quantität der täglichen Mundhygienemaßnahmen verbessert worden sein. Dies zeigt sich auch durch die Zunahme des täglichen Zähneputzens bei den Patienten mit kieferorthopädischer Apparatur. Aussagen zur Qualität des Zähneputzens können hierbei lediglich interpretativ getroffen werden, da weder die Dauer noch die Ausführung der Reinigung in der dargelegten Studie überprüft wurden.

Kaygisiz et al. (148) stellten zudem fest, dass Zungenbelag einen stärkeren Einfluss auf die Halitosisintensität ausübt als die parodontale Situation der Probanden. Diese These wird durch die Resultate der dargelegten Studie bekräftigt. Während zwischen der VSC-Konzentration und dem Zungenbelag eine Korrelation ( $r: 0,357$ ;  $p: 0,035$ ) nachgewiesen werden konnte, konnten zwischen weiteren klinischen Parametern (DMF/T, PI, GI, PSI) und den Halimetermesswerten keine Zusammenhänge beobachtet werden (jeweils  $p > 0,05$ ).

Konträr zu den Ergebnissen der dargelegten Studie stehen die Beobachtungen von Babacan et al (11) sowie Nalcaci et al. (58), die signifikante Unterschiede zwischen den von ihnen untersuchten Gruppen bezüglich der Veränderung der VSC-Messwerte im zeitlichen Verlauf feststellen konnten. Ursächlich für die verschiedenen Resultate kann das gegebenenfalls unterschiedliche Bewusstsein zur Aufrechterhaltung der eigenen Mundhygiene sein. Die Einstellung jedes Probanden zu der eigenen Mundgesundheit steht im Zusammenhang zu dem jeweiligen kulturellen Hintergrund (30). Darüber hinaus konnten Costacurta et al. (59) signifikant höhere VSC-Messwerte bei Probanden mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur im Vergleich zu einer Kontrollgruppe und einer Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur feststellen. Hierbei ist jedoch kritisch zu betrachten, dass ihr Probandenkollektiv nur zu einem Zeitpunkt untersucht wurde und somit nicht die Veränderung der VSC-Messwerte, sondern lediglich ein Ist-Zustand verglichen wurde. Zudem wurde nicht definiert über welchen Zeitraum die Therapie mit der jeweiligen Zahnspangenart bereits erfolgte. Durch das Fehlen von Baseline-Werten

vor Insertion der unterschiedlichen Apparaturen ist die Auswirkung der verschiedenen Zahnspangenarten auf die Mundgeruchsintensität nur bedingt beurteilbar. Beispielsweise können somit auch Faktoren, unabhängig von der Zahnspangenart, wie initial höhere Messwerte in der Gruppe mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur, für die Unterschiede zwischen den Gruppen verantwortlich sein. Zur Minimierung zuvor genannter Fehlerquellen entschloss man sich in der von uns dargelegten Studie zur Berechnung der Differenzen der VSC-Messwerte der Studientermine nach 4, 8 und 12 Wochen zu den Baseline-Messwerten.

Um vergleichbare Messwerte erzielen zu können, ist eine gute Compliance der Studienteilnehmer notwendig. Sollten die Vorgaben zur Studienteilnahme nicht eingehalten werden, kann dies zu einer Verfälschung der Messwerte führen. Die Durchführung von Mundhygienemaßnahmen, wie die Verwendung von Mundwasser, kurz vor den Studienterminen kann beispielsweise bei der Messung zu einer falschen Erhöhung der VSC-Messwerte führen (140). Des Weiteren unterliegt die Vergleichbarkeit der Messergebnisse der korrekten Durchführung der Halimetermessungen durch die Probanden selbst. Sollte der Strohhalm zur Entnahme der Ausatemluft nicht weit genug in den Mund genommen worden sein oder wurden die Lippen bei der Probeentnahme vollständig verschlossen, kann es zur Messung einer zu niedrigen VSC-Konzentration gekommen sein (140). Ein Nachteil der instrumentellen Messung mit Sulfidmonitoren liegt in der fehlenden Differenzierung der VSCs (78). Während vor allem das Vorliegen von Schwefelwasserstoff in der Ausatemluft mit einem Sulfidmonitor nachgewiesen werden kann, beträgt die Messsensitivität für das Vorliegen von Methylmercaptan und Dimethylsulfid lediglich ca. 50% (73). Somit eignen sich Sulfidmonitore nicht zur Bestimmung von Halitosis extraoralen Ursprungs (66). Zudem können weitere übelriechende Verbindungen, wie Putreszin, Cadaverin oder Buttersäure mit einem Sulfidmonitor nicht nachgewiesen werden (78).

Kritisch zu betrachten ist die geringe Probandenzahl pro Gruppe ( $n=7$ ). Während beispielsweise bei der Untersuchung nach 8 Wochen in der Alignergruppe und in der Gruppe mit vestibulär festsitzender Apparatur jeweils eine Abnahme von 145 ppb bzw. 243 ppb bei einem Probanden gemessen werden konnte, wurde hingegen bei einem Probanden mit lingual festsitzender Apparatur eine Zunahme von 269 ppb nach 12 Wochen festgestellt. Vereinzelte Ausreißer, wie die zuvor genannten, können die Mittelwerte und Standardabweichungen innerhalb der Gruppen stark beeinflussen. In

Abbildung 12 lässt sich erkennen, dass die Spannweite der Veränderungen innerhalb der Alignergruppe und der Gruppe mit festsitzender kieferorthopädischer Apparatur größer als in den restlichen Probandengruppen war. Da die einfaktorielle Varianzanalyse jedoch relativ robust auf Verletzungen der Normalverteilung reagiert (175), wurde mit dem gesamten Datensatz fortgefahren. Techniken, um mit Extremwerten in Datensätzen umzugehen, wie winsorizing oder trimming (176), wurden nicht angewandt, da das Auftreten von Ausreißern bei der instrumentellen Messung der VSC-Konzentration multiple Fehlerquellen als Ursache haben kann (140). Um sowohl Mittelwerte als auch Standardabweichungen bei dem Auftreten von vereinzelt Ausreißern konstant zu halten, erscheint die Untersuchung einer größeren Probandenzahl im Rahmen von Studien mit Sulfidmonitoren indiziert. Die Einschlusskriterien zur Studienteilnahme sowie die Verhaltensrichtlinien für die Probanden sind hierbei streng zu definieren, um das Auftreten von Ausreißern zu minimieren.

Gleichermaßen zeigte weder die Halitosisdiagnostik durch das organoleptische Messverfahren noch durch die subjektive Selbsteinschätzung der Probanden signifikante Unterschiede in den zeitlichen Veränderungen zwischen den verschiedenen Gruppen auf (jeweils  $p > 0,05$ ). Zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung wies die Kontrollgruppe mit durchschnittlich  $1,4 \pm 0,5$  die höchsten organoleptischen Messwerte auf, während die Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur mit einem Mittelwert von  $0,8 \pm 0,6$  die niedrigsten Werte aufwies. Da die Kontrollgruppe die älteste und die Gruppe mit herausnehmbarer Apparatur die jüngste Probandengruppe war, bekräftigt dies die Erkenntnisse von Nalcaci et al. (167), die eine Zunahme der organoleptisch wahrnehmbaren Intensität der Ausatemluft mit steigendem Alter feststellen konnten. Diese Annahme wird ebenso durch die, in der dargelegten Studie ermittelte, zweiseitig signifikante Korrelation ( $p < 0,05$ ) des Probandenalters und der organoleptischen Messwerte unterstützt.

Lediglich die Alignergruppe zeigte im zeitlichen Verlauf eine Verbesserung bzw. Beständigkeit der organoleptischen Messwerte auf. Dies unterstützt die Beobachtungen von Schaefer und Braumann (121), die ebenfalls mit dem organoleptischen Messverfahren nach Rosenberg et al (73) eine Verbesserung der Ausatemluft bei Patienten mit Alignern im zeitlichen Verlauf feststellen konnten. Alle

weiteren Probandengruppen wiesen im zeitlichen Verlauf eine Intensivierung der organoleptisch wahrnehmbaren Ausatemluft im Vergleich zur Baselineuntersuchung auf. Eine Ursache für die verbesserten Messwerte könnte der, in der Literatur beschriebene, bessere parodontale Gesundheitszustand im Vergleich zu beispielsweise Patienten mit festsitzenden Apparaturen sein (98), da parodontale Erkrankungen einen weiteren Ursachenkomplex für die Halitosisentstehung darstellen (64).

Die hier vorliegenden Forschungsergebnisse unterstützen die Erkenntnisse von Zurfluh, van Waes und Filippi (13), die eine Verschlechterung der organoleptischen Messwerte nach Insertion festsitzender kieferorthopädischer Apparaturen im zeitlichen Verlauf feststellen konnten. In ihrer Studie verwendeten sie jedoch eine andere Art der organoleptischen Messung. Während in der dargelegten Studie aus einem konstanten Abstand die Intensität der Atemluft beim Ausatmen überprüft wurde, bewerteten sie aus verschiedenen Entfernungen, ob ein Geruch wahrnehmbar ist, während ihre Probanden von 1-10 zählten.

Da im zeitlichen Verlauf keine Unterschiede in der Selbsteinschätzung zum Vorliegen einer Halitosis zwischen den verschiedenen Gruppen festgestellt werden konnten, kann daraus geschlossen werden, dass keine spezifische Zahnspangenart im Vergleich zu anderen ein unangenehmes Gefühl bezüglich der eigenen Ausatemluft erzeugt.

### **5.2.2 Diskussion der Ergebnisse der klinischen Parameter**

Der durchschnittliche PI nach Silness und Loe (137) lag bei der Baselineuntersuchung bei  $0,7 \pm 0,5$ . Zu diesem Zeitpunkt ergaben sich deutliche Hinweise, dass Unterschiede der PI-Werte zwischen den männlichen ( $0,9 \pm 0,5$ ) und weiblichen Probanden ( $0,5 \pm 0,5$ ) bestehen ( $p = 0,021$ ). Geschlechterspezifische Unterschiede hinsichtlich eines vermehrten Plaqueaufkommens wurden bereits von Christersson et al. (177) beschrieben. Sie stellten ebenfalls bei Männern ein erhöhtes Risiko für die Entstehung von Plaque fest.

Ähnliche Messwerte konnten vor Insertion festsitzender kieferorthopädischer Apparaturen von Sökücü et al. (12) erfasst werden. Der Mittelwert betrug in ihrer Studie  $0,63 \pm 0,11$ . Babacan et al. (11) wiesen hingegen sowohl in ihrer Kontrollgruppe ( $0,99 \pm 0,20$ ) als auch in der Studiengruppe ( $0,95 \pm 0,21$ ) vor Insertion von Multibracketapparaturen geringfügig höhere Messwerte nach.

Im zeitlichen Verlauf ließ sich in allen Gruppen, mit Ausnahme der Alignergruppe nach 8 Wochen ( $-0,1 \pm 0,2$ ), eine leichte Zunahme des Plaquevorkommens nachweisen. In der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,108$ ), 8 ( $p=0,069$ ) und 12 Wochen ( $p=0,183$ ) jedoch keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen des Pls nachweisen. Unsere Resultate stimmen mit den Beobachtungen von Bruno et al. (178) überein, die bei Probanden mit lingual und vestibulär sitzenden kieferorthopädischen Apparaturen einen Anstieg des Pls im zeitlichen Verlauf nachweisen konnten, während sich die Werte zwischen den Probandengruppen nicht signifikant unterschieden.

Der durchschnittliche GI nach Silness und Loe (137) betrug zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung  $0,4 \pm 0,4$ . Zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung ergaben sich deutliche Hinweise, dass zwischen den männlichen ( $0,3 \pm 0,2$ ) und weiblichen Probanden ( $0,6 \pm 0,4$ ) Unterschiede bezüglich des GIs vorliegen ( $p = 0,039$ ).

Somit lag der hier initial gemessene Mittelwert zwischen den Messwerten von Forschungsvorhaben mit vergleichbarem Studiendesign. Während das Probandenkollektiv von Sökücü et al. (12) vor Insertion von Multibracketapparaturen höhere GI-Werte aufwies ( $0,82 \pm 0,18$ ), zeigte das Probandenkollektiv von Schaefer und Braumann (121) vor Beginn der Therapie mit Alignern äußerst geringe GI-Werte auf ( $0,04 \pm 0,14$ ).

Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,273$ ), 8 ( $p=0,083$ ) und 12 Wochen ( $p=0,243$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen des GIs nachweisen. Ähnliche Ergebnisse spiegelten sich in einer internationalen Metaanalyse von Wu, Cao und Cong (179) wider. Nach einem Therapiezeitraum von 3 Monaten konnten sie zwischen Probanden mit festsitzenden und herausnehmbaren kieferorthopädischen Apparaturen keine signifikanten Unterschiede feststellen ( $p=0,185$ ). 6 Monate nach Insertion der Apparaturen konnten



sie jedoch bei der Gruppe mit herausnehmbarer Apparatur signifikant niedrigere Werte des GIs nachweisen ( $p=0,005$ ).

In der Literatur wird kontrovers diskutiert, ob das Tragen von Alignern im Vergleich zu festsitzenden Apparaturen einen positiveren Einfluss auf die Gingiva bewirkt. Während Lu et al. (180) weder nach ein-, drei- oder sechsmonatiger Tragedauer signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen konnten, wiesen Miethke und Brauner (181) bei Patienten mit Alignern bessere GI-Messwerte als bei Patienten mit lingualer Multibracketapparatur nach. Miethke und Brauner (181) untersuchten hierbei jedoch Patienten, die ihre jeweilige Apparatur bereits über einen Zeitraum von mindestens einem halben Jahr trugen. Das Fehlen von Baselinewerten vor Insertion der Apparaturen führt somit zu einer geringen Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Der Mittelwert des PSIs (136) betrug im Probandenkollektiv initial  $0,5 \pm 0,4$ . Obwohl sich in der univariaten Varianzanalyse zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,536$ ), 8 ( $p=0,215$ ) und 12 Wochen ( $p=0,388$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen des PSIs nachweisen ließen, zeigten sich in der Alignergruppe leicht verbesserte PSI-Messwerte, während der parodontale Behandlungsbedarf in den restlichen Gruppen mit kieferorthopädischen Apparaturen leicht zunahm. Ein besserer Gesundheitszustand des Parodonts während der Behandlung mit Alignern konnte ebenfalls von Azaripour et al. (98) im Vergleich zu Patienten mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen festgestellt werden. Auch Miethke und Brauner (181) berichteten über ein niedrigeres Risiko für die Entstehung parodontaler Erkrankungen bei Alignerpatienten im Vergleich zu Patienten mit lingual festsitzender Multibracketapparatur.

Axelsson und Lindhe (182) zeigten, dass präventive Maßnahmen, die Individuen zu geeigneten Mundhygienemaßnahmen anleiten, zu einem Rückgang von Gingivitiden und zur Hemmung einer Progredienz von Karies sowie parodontaler Erkrankungen führen können. Die Mundhygieneinstruktionen, die bei Einsetzen der kieferorthopädischen Apparaturen in der dargelegten Studie erteilt wurden, können somit eine Ursache für die ausgebliebenen Unterschiede bezüglich der Veränderungen des PSIs, GIs und Pls im zeitlichen Verlauf zwischen den verschiedenen Gruppen darstellen.

Vorhandener Zungenbelag wird in der Literatur als Hauptursache für die Halitosis beschrieben (9, 10). Die Mittelwerte des Zungenbelags-Indexes nach Miyazaki (138) betrugen in der dargelegten Studie initial  $1,3 \pm 0,5$ . Eine Korrelation zwischen der VSC-Konzentration der Ausatemluft und dem Zungenbelags-Index ( $r: 0,357$ ;  $p: 0,035$ ) konnte nachgewiesen werden. Die dargestellten Beobachtungen ähneln stark den Forschungsergebnissen von Koshimune et al. (183), die in ihrem erwachsenen Probandenkollektiv einen Mittelwert des Zungenbelags-Indexes nach Miyazaki von  $1,2 \pm 0,6$  feststellen konnten. Ferner beschrieben sie eine signifikante Korrelation zwischen den VSC-Konzentrationen, die sie durch Gaschromatographie nachwiesen und dem Zungenbelags-Index. Auch Schaefer und Braumann (121) stellten bei dem ersten Untersuchungstermin einer prospektiven, klinischen Studie ein vergleichbares Vorkommen von Zungenbelag fest ( $1,42 \pm 0,89$ ).

Im Vergleich zur Baselineuntersuchung stieg, mit Ausnahme der Alignergruppe, in der eine leichte Abnahme des Zungenbelags im zeitlichen Verlauf zu beobachten war, der Zungenbelags-Index in den weiteren Gruppen mit kieferorthopädischer Apparatur leicht an. In der univariaten Varianzanalyse ließen sich jedoch zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,641$ ), 8 ( $p=0,587$ ) und 12 Wochen ( $p=0,257$ ) keine Unterschiede bezüglich der Veränderungen des Zungenbelagsindex nachweisen. Das Vorliegen von Zungenbelag wird durch multiple Faktoren beeinflusst. Der stärkste Einfluss ist jedoch im Ausmaß der vorhandenen Mundhygiene zu sehen (63). Da in der dargelegten Studie ein Anstieg der Quantität des Zähneputzens bei den Probanden mit kieferorthopädischen Apparaturen nach der Baselineuntersuchung beobachtet werden konnte, während in der Kontrollgruppe keine Veränderungen nachweisbar waren, kann dies als Ursache für die ausgebliebenen Unterschiede zwischen den Gruppen interpretiert werden. Diese Annahme wird zudem durch die Erkenntnisse von Zurfluh, van Waes und Filippi (13) unterstützt, die nach Insertion festsitzender kieferorthopädischer Apparaturen eine Zunahme des Zungenbelags im zeitlichen Verlauf beobachteten, während sich die Häufigkeit des Zähneputzens innerhalb ihres Probandenkollektivs hingegen nicht signifikant veränderte.

Durchschnittlich  $5,7 \pm 4,8$  kariöse, fehlende oder mit Füllungen versehene Zähne wiesen die Probanden bei der Baselineuntersuchung auf. Somit lag in unserer Studie

ein niedrigerer DMF/T-Index (139) als in den Studien von Moradi et al. (184) ( $7,33 \pm 3,0$ ) sowie Anbari et al. (158) ( $9,09 \pm 3,97$ ) vor. Die Teilnehmer wiesen jedoch in beiden Studien einen höheren Altersdurchschnitt auf. In einer Untersuchung an Zahnmedizinstudenten konnte hingegen ein geringer Mittelwert des DMF/T-Indexes festgestellt werden ( $4,02 \pm 3$ ) (159). Ein Einfluss auf das Ausmaß des DMF/T-Indexes wird in der Häufigkeit durchgeführter Mundhygienemaßnahmen, wie des Zähneputzens, der Verwendung von Zahnseide oder von Mundspüllösungen gesehen. Auch Faktoren wie der eigene sozioökonomische Status oder der Bildungsgrad der Eltern werden mit der Höhe des DMF/T-Indexes assoziiert (184). Der niedrigste DMF/T-Index war initial in der Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur nachweisbar ( $3,3 \pm 4,8$ ). Da in der Literatur über eine signifikante Korrelation zwischen dem Alter der Probanden und dem DMF/T-Index berichtet wird (185), kann das niedrige Probandenalter ( $11,6 \pm 0,8$  Jahre) innerhalb der Gruppe eine der Ursachen für die niedrigen Messwerte sein. Lediglich in der Alignergruppe konnte nach 4 und 8 Wochen bei einem und nach 12 Wochen bei zwei Probanden eine leichte Zunahme (je  $+1,0$ ) des DMF/T-Indexes festgestellt werden. Dies lässt darauf schließen, dass in den ersten Wochen nach Insertion kieferorthopädischer Apparaturen ein hohes Bewusstsein zur Aufrechterhaltung der eigenen Mundgesundheit in der dargelegten Studie vorlag. Bekräftigt wird diese These durch die quantitative Zunahme des Zähneputzens im Probandenkollektiv mit kieferorthopädischer Apparatur.

### **5.2.3 Diskussion der Ergebnisse des Kid-KINDL® Fragebogens**

Um analysieren zu können, inwiefern sich die Auswirkungen auf die Lebensqualität durch Insertion verschiedener Zahnspangen im zeitlichen Verlauf voneinander unterscheiden, wurde der Kid-KINDL® Fragebogen zu jedem Studientermin von den Probanden selbstständig ausgefüllt. Die Gesamtlebensqualität zum Zeitpunkt der Baselineuntersuchung ähnelten stark sowohl bei den Jungen ( $74,0 \pm 7,4$ ) als auch bei den Mädchen ( $72,7 \pm 7,4$ ) den Referenzwerten von Ravens-Sieberer, Ellert und Erhart (144), die als Normdaten für Minderjährige in Deutschland deklariert werden. Übereinstimmend mit der dargelegten Studie gaben ihre männlichen Probanden im Alter zwischen 11 und 17 Jahren eine geringfügig höhere Gesamtlebensqualität als die weiblichen an (73,9 zu 71,2). Im geschlechterspezifischen Vergleich ergaben sich

innerhalb unseres Probandenkollektivs deutliche Hinweise ( $T=2,22$ ;  $p = 0,033$ )., dass das „Psychische Wohlbefinden“ von den männlichen Probanden besser bewertet wurde als von den weiblichen ( $84,9 \pm 7,0$  zu  $79,3 \pm 7,8$ ). Gleichmaßen konnten Ravens-Sieberer, Ellert und Erhart (144) signifikant höhere Messwerte in allen Kategorien, mit Ausnahme der Kategorie „Schule“, bei den männlichen Probanden feststellen. Die Normdaten der verschiedenen Kategorien des Kid-KINDL®s liegen bei den Selbstangaben ihrer Probanden zwischen 58,3 in der Kategorie „Selbstwert“ und 81,9 in der Kategorie „Familie“. Gleichmaßen lagen die niedrigsten Werte unseres Probandenkollektivs in der Kategorie „Selbstwert“ ( $54,1 \pm 22,1$ ) und die höchsten Werte in der Kategorie „Familie“ ( $87,7 \pm 10,0$ ) vor.

Weder nach 4 ( $p=0,334$ ), 8 ( $p=0,931$ ) oder 12 Wochen ( $p=0,700$ ) ließen sich Unterschiede in den Veränderungen der Gesamtlebensqualität zwischen den verschiedenen kieferorthopädischen Probandengruppen nachweisen. Keine der Gruppen zeigte im zeitlichen Verlauf eine konstant steigende oder abnehmende Lebensqualität auf. Dies lässt darauf schließen, dass der Einfluss von intraoralen kieferorthopädischen Apparaturen auf die Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen gering ist und das Tragen von kieferorthopädischen Apparaturen im minderjährigen Alter toleriert wird.

In der Literatur wird von einem steigenden Selbstbewusstsein der Patienten durch Anwendung kieferorthopädischer Behandlungsmaßnahmen berichtet (186). Dies kann als eine der Ursachen für die ausgebliebenen Unterschiede bezüglich der Veränderungen der Lebensqualität zwischen den verschiedenen Probandengruppen interpretiert werden. Da keiner der untersuchten Probanden mit extraoralen Apparaturen therapiert wurde, kann nicht beurteilt werden, inwiefern das Tragen derartiger Apparaturen die Lebensqualität beeinflusst.

Bei der Untersuchung von Erwachsenen zwischen 18 und 40 Jahren konnten Antonio-Zancajo et al. (161) hingegen feststellen, dass die Art der Apparatur Einfluss auf die MLQ und die Schmerzsymptomatik während der Behandlung hat. Zwischen Patienten mit Alignern, Brackets mit geringer Friktion sowie lingualen und konventionellen Brackets konnten sie signifikante Unterschiede bezüglich der MLQ und des Schmerzempfindens nachweisen.

Die Ergebnisse der dargelegten Studie deuten darauf hin, dass die Lebensqualität von Minderjährigen durch von der Art der kieferorthopädischen Behandlung unabhängigen Faktoren beeinflusst wird. In der Literatur wird beispielsweise darüber berichtet, dass der eigene soziale Status (144) oder der Bildungsgrad der Eltern (187) Einfluss auf die Lebensqualität von Kindern hat.

## 6. Zusammenfassung

Das Vorliegen von Halitosis verursacht bei Betroffenen ein Beschwerdebild, das Unbehagen erzeugt und negative soziale sowie psychologische Konsequenzen mit sich bringen kann. Eine Verringerung des Selbstvertrauens oder das Meiden sozialer Kontakte kann als Folge der Beschwerdesymptomatik auftreten (5). Kieferorthopädische Behandlungsmaßnahmen stellen hierbei einen Ursachenkomplex für die Intensivierung der Ausatemluft dar (12). Vor dem aufgezeigten Problemhintergrund wurde primär ermittelt, ob eine spezifische kieferorthopädische Subpopulation im Vergleich zu anderen im zeitlichen Verlauf zu einer Intensivierung der Ausatemluft neigt. Die Bewertung der Ausatemluft erfolgte durch Messung mit dem Halimeter®, organoleptische Messung und durch die Selbsteinschätzung der Probanden. Sekundär wurde anhand zahnärztlicher Indices überprüft, ob die Mundgesundheit durch die Insertion verschiedener kieferorthopädischer Apparaturen unterschiedlich beeinflusst wird. Gemessen wurden der PSI, PI, GI, der Zungenbelag-Index nach Miyazaki und der DMF/T-Index. Mit dem KID-KINDL®-Fragebogen wurde zudem überprüft, inwiefern sich das Tragen unterschiedlicher kieferorthopädischer Apparaturen auf die Lebensqualität der Probanden auswirkt.

In der dargelegten prospektiven, klinischen Studie wurden n=35 Patienten im Alter zwischen 11 und 17 Jahren der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz zwischen Februar 2018 und Februar 2020 an jeweils vier Terminen (Baseline, nach 4, 8 und 12 Wochen) untersucht. Anhand der verwendeten, kieferorthopädischen Apparatur erfolgte die Einteilung in fünf Gruppen: Jugendliche mit herausnehmbarer Apparatur, -mit Alignern, - mit lingual geklebter MB-Apparatur, - mit vestibulär geklebter MB-Apparatur sowie eine Kontrollgruppe.

Als Hauptfragestellung wurde überprüft, ob sich die VSC-Konzentration (in ppb) der Ausatemluft, gemessen mit dem Halimeter®, im zeitlichen Verlauf zwischen den Gruppen signifikant unterscheidet. Mit der univariaten Varianzanalyse ließen sich zwischen den Gruppen nach 4 ( $p=0,529$ ), 8 ( $p=0,750$ ) und 12 Wochen ( $p=0,543$ ) keine Unterschiede in Bezug zu den Veränderungen der VSC-Messwerte nachweisen. Eine Korrelation zeigte sich hingegen zwischen dem Halimetermesswert und dem Zungenbelagsindex ( $r: 0,357$ ;  $p: 0,035$ ).

Weder durch organoleptische Messung noch durch die Selbsteinschätzung der Probanden ergaben sich Hinweise, dass sich die Ausatemluft zwischen den Gruppen im zeitlichen Verlauf unterschiedlich veränderte ( $p > 0,05$ ). Zudem ließen sich bei

keinem der o.g., untersuchten klinischen Parameter Unterschiede in den zeitlichen Veränderungen zwischen den verschiedenen Gruppen nachweisen ( $p > 0,05$ ). Eine mögliche Ursache für die ausgebliebenen Veränderungen der Messwerte zwischen den verschiedenen Probandengruppen kann auf den „Hawthorne Effekt“ zurückgeführt werden. Die Teilnahme an klinischen Studien kann zu Verhaltensänderungen der Probanden geführt und ihre Mundhygienegewohnheiten verbessert haben. Dies zeigte sich dadurch, dass eine quantitative Verbesserung des Zahnputzverhaltens in der Kontrollgruppe im Vergleich zur Baselineuntersuchung ausblieb (nach 4, 8 und 12 Wochen jeweils  $T = 1,000$ ;  $p = 0,356$ ), während bei den Probanden mit kieferorthopädischer Apparatur sowohl nach 4 ( $T = 3,873$ ;  $p = 0,001$ ), 8 ( $T = 4,277$ ;  $p < 0,001$ ) als auch 12 ( $T = 3,286$ ;  $p = 0,003$ ) Wochen eine Zunahme des täglichen Zähneputzens festgestellt werden konnte.

Durch den Kid-KINDL®-Fragebogen ließen sich weder nach 4 ( $p = 0,334$ ), 8 ( $p = 0,931$ ) oder 12 Wochen ( $p = 0,700$ ) Unterschiede in den Veränderungen der Gesamtlebensqualität zwischen den verschiedenen Probandengruppen nachweisen. Dies lässt darauf schließen, dass der Einfluss intraoraler kieferorthopädischer Apparaturen auf die Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen gering ist und das Tragen von kieferorthopädischen Apparaturen im minderjährigen Alter gut toleriert wird. Die Lebensqualität von Minderjährigen wird somit durch andere Faktoren, unabhängig von der Art der kieferorthopädischen Apparatur, beeinflusst.

Resümierend lässt die dargelegte Studie darauf schließen, dass die Art der kieferorthopädischen Apparatur in den ersten 12 Wochen nach Behandlungsbeginn keinen nachweisbaren Einfluss auf die Veränderungen von Ausatemluft, Mundgesundheit und die Lebensqualität der Probanden ausübt. Faktoren, unabhängig von der Art der Apparatur, wie beispielsweise das Ausmaß des Zungenbelags, scheinen eine stärkere Assoziation zur VSC-Konzentration der Ausatemluft zu haben. Essenziell für die Aufrechterhaltung der Mundgesundheit und zur Vermeidung von Halitosis ist die Erteilung von Mundhygieneinstruktionen vor, während und nach des Therapiezeitraums sowie die gewissenhafte Durchführung verschiedener Mundhygienemaßnahmen durch die Patienten selbst. Zur weiteren Untersuchung des Einflusses verschiedener Zahnspangenarten auf die Veränderungen der Ausatemluft, der Mundgesundheit und der Lebensqualität im Therapieverlauf sind Langzeitstudien notwendig, welche ein großes Probandenkollektiv über den vollständigen Therapiezeitraum untersuchen.

## 7. Literaturverzeichnis

1. Bollen CM, Beikler T. Halitosis: the multidisciplinary approach. *International journal of oral science*. 2012;4(2):55-63.
2. Massler M, Emslie RD, Bolden TE. Fetor ex ore: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1951;4(1):110-25.
3. Scully C, El-Maaytah M, Porter SR, Greenman J. Breath odor: etiopathogenesis, assessment and management. *European journal of oral sciences*. 1997;105(4):287-93.
4. Avincsal MO, Altundag A, Dinc ME, Cayonu M, Topak M, Kulekci M. Evaluation of halitosis using OralChroma™ in patients with allergic rhinitis. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*. 2016;133(4):243-6.
5. Azodo CC, Ogbebor O. Social distance towards halitosis sufferers. *Swiss dental journal*. 2019;129(12):1026.
6. Silva MF, Leite FRM, Ferreira LB, Pola NM, Scannapieco FA, Demarco FF, et al. Estimated prevalence of halitosis: a systematic review and meta-regression analysis. *Clin Oral Investig*. 2018;22(1):47-55.
7. Villa A, Zollanvari A, Alterovitz G, Cagetti M, Strohmer L, Abati S. Prevalence of halitosis in children considering oral hygiene, gender and age. *International journal of dental hygiene*. 2014;12(3):208-12.
8. Seemann R, Conceicao M, Filippi A, Greenman J, Lenton P, Nachnani S, et al. Halitosis management by the general dental practitioner—results of an international consensus workshop. *Journal of breath research*. 2014;8(1):017101.
9. Delanghe G, Bollen C, Desloovere C. Halitosis-foetor ex ore. *Laryngo-rhino-otologie*. 1999;78(09):521-4.
10. Quirynen M, Dadamio J, Van den Velde S, De Smit M, Dekeyser C, Van Tornout M, et al. Characteristics of 2000 patients who visited a halitosis clinic. *Journal of clinical periodontology*. 2009;36(11):970-5.
11. Babacan H, Sokucu O, Marakoglu İ, Ozdemir H, Nalcaci R. Effect of fixed appliances on oral malodor. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2011;139(3):351-5.
12. Sökücü O, Akpınar A, Özdemir H, Birlik M, Çalışır M. The effect of fixed appliances on oral malodor from beginning of treatment till 1 year. *BMC oral health*. 2016;16(1):14.
13. Zurfluh MA, van Waes HJ, Filippi A. The influence of fixed orthodontic appliances on halitosis. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2013;123(12):1064-75.
14. Walsh LJ, Healey DL. Prevention and caries risk management in teenage and orthodontic patients. *Aust Dent J*. 2019;64 Suppl 1:S37-s45.
15. Jaeken K, Cadenas de Llano-Pérula M, Lemiére J, Verdonck A, Fieuws S, Willems G. Reported changes in oral health-related quality of life in children and adolescents before, during, and after orthodontic treatment: a longitudinal study. *Eur J Orthod*. 2019;41(2):125-32.
16. Filippi A. Halitosis—Aktueller Stand und Perspektiven. *Zahnmedizin up2date*. 2008;2(04):351-66.



17. Goldberg S, Kozlovsky A, Gordon D, Gelernter I, Sintov A, Rosenberg M. Cadaverine as a putative component of oral malodor. *Journal of dental research*. 1994;73(6):1168-72.
18. Attia E, Marshall K. Halitosis. *Canadian Medical Association Journal*. 1982;126(11):1281.
19. Scully C, Greenman J. Halitosis (breath odor). *Periodontology*. 2008;48(1):66-75.
20. Soder B, Johansson B, Soder PO. The relation between foetor ex ore, oral hygiene and periodontal disease. *Swedish dental journal*. 2000;24(3):73-82.
21. Filippi A, Bornstein MM, Filippi C, Lindenmüller IH, Imfeld T, Krastl G, et al. Halitosis: professionelle Behandlung von Mundgeruch in der zahnärztlichen Praxis; ein Kompendium für das zahnärztliche Praxisteam: Quintessenz-Verlag; 2011.
22. Yaegaki K, Coil JM. Examination, classification, and treatment of halitosis; clinical perspectives. *Journal-canadian dental association*. 2000;66(5):257-61.
23. Filippi A. Halitosis—eine aktuelle Kurzübersicht. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde*. 2009;31:170-7.
24. Murata T, Yamaga T, Iida T, Miyazaki H, Yaegaki K. Classification and examination of halitosis. *International dental journal*. 2002;52(S5P1):181-6.
25. Schulze H, Jervøe-Storm P-M. Halitosis. *ZWR-Das Deutsche Zahnärzteblatt*. 2012;121(03):94-104.
26. Fedorowicz Z, Aljufairi H, Nasser M, Outhouse TL, Pedrazzi V. Mouthrinses for the treatment of halitosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2008(4).
27. Tangerman A. Halitosis in medicine: a review. *International dental journal*. 2002;52(S5P1):201-6.
28. Tangerman A, Winkel E. Extra-oral halitosis: an overview. *Journal of breath research*. 2010;4(1):017003.
29. Aydin M, Harvey-Woodworth C. Halitosis: a new definition and classification. *British dental journal*. 2014;217(1):E1.
30. Rayman S, Almas K. Halitosis among racially diverse populations: an update. *International journal of dental hygiene*. 2008;6(1):2-7.
31. Rosenberg M, Kozlovsky A, Gelernter I, Cherniak O, Gabbay J, Baht R, et al. Self-estimation of oral malodor. *Journal of Dental Research*. 1995;74(9):1577-82.
32. Ziaei N, Hosseinpour S, Nazari H, Rezaei M, Rezaei K. Halitosis And Its Associated Factors Among Kermanshah High School Students (2015). *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*. 2019;11:327.
33. Rosenberg M, Knaan T, Cohen D. Association among bad breath, body mass index, and alcohol intake. *Journal of dental research*. 2007;86(10):997-1000.
34. Bornstein MM, Kislig K, Hoti BB, Seemann R, Lussi A. Prevalence of halitosis in the population of the city of Bern, Switzerland: a study comparing self-reported and clinical data. *European journal of oral sciences*. 2009;117(3):261-7.
35. Du M, Li L, Jiang H, Zheng Y, Zhang J. Prevalence and relevant factors of halitosis in Chinese subjects: a clinical research. *BMC oral health*. 2019;19(1):45.

36. Aimetti M, Perotto S, Castiglione A, Ercoli E, Romano F. Prevalence estimation of halitosis and its association with oral health-related parameters in an adult population of a city in North Italy. *Journal of clinical periodontology*. 2015;42(12):1105-14.
37. Kim SY, Sim S, Kim S-G, Park B, Choi HG. Prevalence and associated factors of subjective halitosis in Korean adolescents. *PLoS One*. 2015;10(10).
38. Nadanovsky P, Carvalho L, Ponce de Leon A. Oral malodour and its association with age and sex in a general population in Brazil. *Oral diseases*. 2007;13(1):105-9.
39. Abdullah MA, Alasqah M, Sanaa MS, Gufran K. The Relationship between Volatile Sulfur Compounds and the Severity of Chronic Periodontitis: A Cross-sectional Study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2020;12(Suppl 1):S268-s73.
40. Iwakura M, Yasuno Y, Shimura M, Sakamoto S. Clinical characteristics of halitosis: differences in two patient groups with primary and secondary complaints of halitosis. *Journal of dental research*. 1994;73(9):1568-74.
41. Lin M, Flaitz C, Moretti A, Seybold S, Chen J. Evaluation of halitosis in children and mothers. *Pediatric dentistry*. 2003;25(6):553-8.
42. Wu J, Cannon RD, Ji P, Farella M, Mei L. Halitosis: prevalence, risk factors, sources, measurement and treatment—a review of the literature. *Australian dental journal*. 2019.
43. Kleinberg I, Codipilly M. Modeling of the oral malodor system and methods of analysis. *Quintessence international*. 1999;30(5).
44. Krespi YP, Shrimme MG, Kacker A. The relationship between oral malodor and volatile sulfur compound-producing bacteria. *Otolaryngology—Head Neck Surgery*. 2006;135(5):671-6.
45. Campisi G, Musciotto A, Di Fede O, Di Marco V, Craxì A. Halitosis: could it be more than mere bad breath? *Internal emergency medicine*. 2011;6(4):315-9.
46. Loesche WJ, Kazor C. Microbiology and treatment of halitosis. *Periodontology*. 2002;28(1):256-79.
47. van den Velde S, Quirynen M, van Hee P, van Steenberghe D. Halitosis associated volatiles in breath of healthy subjects. *Journal of Chromatography B*. 2007;853:54-61.
48. Ayılıkcı BU, Çolak H. Halitosis: From diagnosis to management. *Journal of natural science, biology,medicine*. 2013;4(1):14.
49. Tonzetich J. Production and origin of oral malodor: a review of mechanisms and methods of analysis. *Journal of periodontology*. 1977;48(1):13-20.
50. Kawamoto A, Sugano N, Motohashi M, Matsumoto S, Ito K. Relationship between oral malodor and the menstrual cycle. *Journal of periodontal research*. 2010;45(5):681-7.
51. Scully C, Greenman J. Halitology (breath odour: aetiopathogenesis and management). *Oral diseases*. 2012;18(4):333-45.
52. Suarez F, Springfield J, Furne J, Levitt M. Differentiation of mouth versus gut as site of origin of odoriferous breath gases after garlic ingestion. 1999;276(2):G425-G30.
53. Alqutami J, Elger W, Grafe N, Hiemisch A, Kiess W, Hirsch C. Dental health, halitosis and mouth breathing in 10-to-15 year old children: A potential connection. *European journal of paediatric dentistry*. 2019;20(4):274.

54. Filippi A, Muller N. Echte und psychisch bedingte Halitosis-Befunde, Diagnosen und Ergebnisse einer Mundgeruch-Sprechstunde. SCHWEIZER MONATSSCHRIFT FÜR ZAHNMEDIZIN. 2006;116(2):129.
55. Schumacher M-G, Zürcher A, Filippi A. Evaluation of a halitosis clinic over a period of eleven years. Swiss dental journal. 2017;127(10):846-51.
56. Van den Broek AM, Feenstra L, de Baat C. A review of the current literature on aetiology and measurement methods of halitosis. Journal of dentistry. 2007;35(8):627-35.
57. Huang J, Li C-Y, Jiang J-H. Effects of fixed orthodontic brackets on oral malodor: a systematic review and meta-analysis according to the preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses guidelines. Medicine (Baltimore). 2018;97(14):e0233.
58. Nalçacı R, Özat Y, Çokakoğlu S, Türkkahraman H, Önal S, Kaya S. Effect of bracket type on halitosis, periodontal status, and microbial colonization. The Angle Orthodontist. 2014;84(3):479-85.
59. Costacurta M, Petrini M, Biferi V, Arcuri C, Spoto G, Docimo R. The correlation between different techniques for the evaluation of oral malodour in children with and without orthodontic treatment. European journal of paediatric dentistry. 2019;20(3):233-6.
60. Allaker RP, Waite RD, Hickling J, North M, McNab R, Bosma MP, et al. Topographic distribution of bacteria associated with oral malodour on the tongue. Arch Oral Biol. 2008;53 Suppl 1:S8-s12.
61. Hartley MG, El-Maaytah M, McKenzie C, Greenman J. The tongue microbiota of low odour and malodorous individuals. Microbial ecology in health disease. 1996;9(5):215-23.
62. Donaldson AC, McKenzie D, Riggio MP, Hodge PJ, Rolph H, Flanagan A, et al. Microbiological culture analysis of the tongue anaerobic microflora in subjects with and without halitosis. Oral Dis. 2005;11 Suppl 1:61-3.
63. Van Tornout M, Dadamio J, Coucke W, Quirynen M. Tongue coating: related factors. Journal of clinical periodontology. 2013;40(2):180-5.
64. Romano F, Pigella E, Guzzi N, Manavella V, Campanelli L, Aimetti M. Etiology and characteristics of halitosis in patients of a halitosis center in Northern Italy. Minerva stomatologica. 2020;69(3):174-82.
65. Coil JM, Tonzetich J. Characterization of volatile sulphur compounds production at individual gingival crevicular sites in humans. The Journal of clinical dentistry. 1992;3(4):97-103.
66. Tangerman A, Winkel EG. Intra- and extra-oral halitosis: finding of a new form of extra-oral blood-borne halitosis caused by dimethyl sulphide. J Clin Periodontol. 2007;34(9):748-55.
67. Hajifattahi F, Hesari M, Zojaji H, Sarlati F. Relationship of Halitosis with Gastric Helicobacter Pylori Infection. Journal of dentistry (Tehran, Iran). 2015;12(3):200-5.
68. Han DH, Lee SM, Lee JG, Kim YJ, Kim JB. Association between viral hepatitis B infection and halitosis. Acta odontologica Scandinavica. 2014;72(4):274-82.
69. Seemann R, Bizhang M, Djamchidi C, Kage A, Nachnani S. The proportion of pseudo-halitosis patients in a multidisciplinary breath malodour consultation. Int Dent J. 2006;56(2):77-81.

70. Tanaka M, Anguri H, Nonaka A, Kataoka K, Nagata H, Kita J, et al. Clinical Assessment of Oral Malodor by the Electronic Nose System. *Journal of Dental Research*. 2004;83(4):317-21.
71. Rosenberg M, McCulloch CA. Measurement of oral malodor: current methods and future prospects. *Journal of periodontology*. 1992;63(9):776-82.
72. Greenman J, Duffield J, Spencer P, Rosenberg M, Corry D, Saad S, et al. Study on the organoleptic intensity scale for measuring oral malodor. *J Dent Res*. 2004;83(1):81-5.
73. Rosenberg M, Kulkarni G, Bosy A, McCulloch C. Reproducibility and sensitivity of oral malodor measurements with a portable sulphide monitor. *Journal of dental research*. 1991;70(11):1436-40.
74. Porter S, Scully C. Oral malodour (halitosis). *BMJ*. 2006;333(7569):632-5.
75. Tangerman A, Winkel EG. The portable gas chromatograph OralChroma™: a method of choice to detect oral and extra-oral halitosis. *J Breath Res*. 2008;2(1):017010.
76. Suzuki N, Yoneda M, Naito T, Iwamoto T, Hirofuji T. Relationship between halitosis and psychologic status. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2008;106(4):542-7.
77. Whittle CL, Fakharzadeh S, Eades J, Preti G. Human Breath Odors and Their Use in Diagnosis. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2007;1098(1):252-66.
78. Quirynen M, Zhao H, Avontroodt P, Soers C, Pauwels M, Coucke W, et al. A Salivary Incubation Test for Evaluation of Oral Malodor: A Pilot Study. *Journal of Periodontology*. 2003;74(7):937-44.
79. Furne J, Majerus G, Lenton P, Springfield J, Levitt DG, Levitt MD. Comparison of Volatile Sulfur Compound Concentrations Measured with a Sulfide Detector vs. Gas Chromatography. *Journal of Dental Research*. 2002;81(2):140-3.
80. Quirynen M, Zhao H, van Steenberghe D. Review of the treatment strategies for oral malodour. *Clinical oral investigations*. 2002;6(1):1-10.
81. Coil JM, Yaegaki K, Matsuo T, Miyazaki H. Treatment needs (TN) and practical remedies for halitosis. *Int Dent J*. 2002;52 Suppl 3:187-91.
82. Kara C, Tezel A, Orbak R. Effect of oral hygiene instruction and scaling on oral malodour in a population of Turkish children with gingival inflammation. *Int J Paediatr Dent*. 2006;16(6):399-404.
83. Pedrazzi V, Sato S, de Mattos Mda G, Lara EH, Panzeri H. Tongue-cleaning methods: a comparative clinical trial employing a toothbrush and a tongue scraper. *J Periodontol*. 2004;75(7):1009-12.
84. Gonçalves ACS, Martins MCN, Paula BL, Weckwerth PH, Franzolin SOB, Silveira EMV. A new technique for tongue brushing and halitosis reduction: the X technique. *Journal of applied oral science : revista FOB*. 2019;27:e20180331.
85. Addy M, Moran JM. Clinical indications for the use of chemical adjuncts to plaque control: chlorhexidine formulations. *Periodontol 2000*. 1997;15:52-4.

86. Rosenberg M, Gelernter I, Barki M, Bar-Ness R. Day-long reduction of oral malodor by a two-phase oil:water mouthrinse as compared to chlorhexidine and placebo rinses. *J Periodontol.* 1992;63(1):39-43.
87. Reingewirtz Y, Girault O, Reingewirtz N, Senger B, Tenenbaum H. Mechanical effects and volatile sulfur compound-reducing effects of chewing gums: comparison between test and base gums and a control group. *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985). 1999;30(5):319-23.
88. Muniz FW, Friedrich SA, Silveira CF, Rösing CK. The impact of chewing gum on halitosis parameters: a systematic review. *J Breath Res.* 2017;11(1):014001.
89. Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2009;135(3):276. e1-. e12.
90. Zhao ZH. [Clear aligner therapy: risks and clinical strategies]. *Zhonghua kou qiang yi xue za zhi = Zhonghua kouqiang yixue zazhi = Chinese journal of stomatology.* 2019;54(12):798-802.
91. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J.* 2017;62 Suppl 1:58-62.
92. Alansari RA, Faydhi DA, Ashour BS, Alsaggaf DH, Shuman MT, Ghoneim SH, et al. Adult Perceptions of Different Orthodontic Appliances. Patient preference and adherence. 2019;13:2119-28.
93. Alansari RA. Youth Perception of Different Orthodontic Appliances. Patient preference and adherence. 2020;14:1011-9.
94. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery.* 1945;31(6):297-304.
95. Wong BH. Invisalign a to z. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* 2002;121(5):540-1.
96. Ke Y, Zhu Y, Zhu M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):24.
97. Mulla Issa FHK, Mulla Issa ZHK, Rabah AF, Hu L. Periodontal parameters in adult patients with clear aligners orthodontics treatment versus three other types of brackets: A cross-sectional study. *J Orthod Sci.* 2020;9:4-.
98. Azaripour A, Weusmann J, Mahmoodi B, Peppas D, Gerhold-Ay A, Van Noorden CJ, et al. Braces versus Invisalign®: gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: a cross-sectional study. *BMC Oral Health.* 2015;15:69.
99. Sandić MZ, Popović B, Carkić J, Nikolić N, Glisić B. Changes in subgingival microflora after placement and removal of fixed orthodontic appliances. *Srp Arh Celok Lek.* 2014;142(5-6):301-5.
100. Harikrishnan P, Subha TS, Kavitha V, Gnanamani A. Microbial Adhesion on Orthodontic Ligating Materials: An in Vitro Assessment. *Advances in Microbiology.* 2013;3(1):108-14.
101. Kahl-Nieke B. Einführung in die Kieferorthopädie: Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie: Deutscher Ärzteverlag; 2010.

102. Knösel M, Klang E, Helms HJ, Wiechmann D. Lingual orthodontic treatment duration: performance of two different completely customized multi-bracket appliances (Incognito and WIN) in groups with different treatment complexities. *Head Face Med.* 2014;10:46.
103. Creekmore T. Lingual orthodontics--its renaissance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96(2):120-37.
104. Auluck A. Lingual orthodontic treatment: what is the current evidence base? *J Orthod.* 2013;40 Suppl 1:S27-33.
105. Wiechmann D, Klang E, Helms HJ, Knösel M. Lingual appliances reduce the incidence of white spot lesions during orthodontic multibracket treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;148(3):414-22.
106. Grohmann U. Kieferorthopädische Apparaturen: Bildatlas: Springer-Verlag; 2005.
107. Naranjo AA, Triviño ML, Jaramillo A, Betancourth M, Botero JE. Changes in the subgingival microbiota and periodontal parameters before and 3 months after bracket placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(3):275.e17-22.
108. Müller LK, Jungbauer G, Jungbauer R, Wolf M, Deschner J. Biofilm and Orthodontic Therapy. *Monogr Oral Sci.* 2021;29:201-13.
109. Lee SM, Yoo SY, Kim H-S, Kim K-W, Yoon Y-J, Lim S-H, et al. Prevalence of putative periodontopathogens in subgingival dental plaques from gingivitis lesions in Korean orthodontic patients. *Journal of Microbiology.* 2005;43(3):260-5.
110. Lundström F, Krasse B. Streptococcus mutans and lactobacilli frequency in orthodontic patients; the effect of chlorhexidine treatments. *Eur J Orthod.* 1987;9(2):109-16.
111. Verrusio C, Iorio-Siciliano V, Blasi A, Leuci S, Adamo D, Nicolò M. The effect of orthodontic treatment on periodontal tissue inflammation: A systematic review. *Quintessence International.* 2018;49(1):69-77.
112. Attin R, Thon C, Schlagenhauf U, Werner C, Wiegand A, Hannig C, et al. Recolonization of mutans streptococci on teeth with orthodontic appliances after antimicrobial therapy. *Eur J Orthod.* 2005;27(5):489-93.
113. Jasso-Ruiz I, Velazquez-Enriquez U, Scougall-Vilchis RJ, Morales-Luckie RA, Sawada T, Yamaguchi R. Silver nanoparticles in orthodontics, a new alternative in bacterial inhibition: in vitro study. *Prog Orthod.* 2020;21(1):24.
114. Wang Q, Ma JB, Wang B, Zhang X, Yin YL, Bai H. Alterations of the oral microbiome in patients treated with the Invisalign system or with fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;156(5):633-40.
115. Zhao R, Huang R, Long H, Li Y, Gao M, Lai W. The dynamics of the oral microbiome and oral health among patients receiving clear aligner orthodontic treatment. *Oral Dis.* 2020;26(2):473-83.
116. Lovrov S, Hertrich K, Hirschfelder U. Enamel Demineralization during Fixed Orthodontic Treatment – Incidence and Correlation to Various Oral-hygiene Parameters. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2007;68(5):353-63.
117. Sundararaj D, Venkatachalapathy S, Tandon A, Pereira A. Critical evaluation of incidence and prevalence of white spot lesions during fixed orthodontic appliance treatment: A meta-analysis. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2015;5(6):433-9.

118. van der Veen MH, Attin R, Schwestka-Polly R, Wiechmann D. Caries outcomes after orthodontic treatment with fixed appliances: do lingual brackets make a difference? *Eur J Oral Sci.* 2010;118(3):298-303.
119. Moolya NN, Shetty A, Gupta N, Gupta A, Jalan V, Sharma R. Orthodontic bracket designs and their impact on microbial profile and periodontal disease: A clinical trial. *J Orthod Sci.* 2014;3(4):125-31.
120. Jiang Q, Li J, Mei L, Du J, Levrini L, Abbate GM, et al. Periodontal health during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: A meta-analysis. *J Am Dent Assoc.* 2018;149(8):712-20.e12.
121. Schaefer I, Braumann B. Halitosis, oral health and quality of life during treatment with Invisalign® and the effect of a low-dose chlorhexidine solution. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2010;71(6):430-41.
122. WHOQOL-Group. Development of the World Health Organization WHOQOL-BREF quality of life assessment. The WHOQOL Group. *Psychol Med.* 1998;28(3):551-8.
123. Demirovic K, Habibovic J, Dzemic V, Tiro A, Nakas E. Comparison of Oral Health-Related Quality of Life in Treated and Non-Treated Orthodontic Patients. *Med Arch.* 2019;73(2):113-7.
124. Claudino D, Traebert J. Malocclusion, dental aesthetic self-perception and quality of life in a 18 to 21 year-old population: a cross section study. *BMC Oral Health.* 2013;13:3.
125. Barros LAN, Jesuino FAS, de Paiva JB, Rino-Neto J, Valladares-Neto J. An Oral Health-Related Quality of Life Comparison Between Adults With Unilateral Cleft Lip and Palate and Class III Malocclusion. *Cleft Palate Craniofac J.* 2019;56(10):1359-65.
126. Banerjee S, Banerjee R, Shenoy U, Agarkar S, Bhattacharya S. Effect of orthodontic pain on quality of life of patients undergoing orthodontic treatment. *Indian J Dent Res.* 2018;29(1):4-9.
127. Feu D, Miguel JA, Celeste RK, Oliveira BH. Effect of orthodontic treatment on oral health-related quality of life. *Angle Orthod.* 2013;83(5):892-8.
128. Zhang B, Huang X, Huo S, Zhang C, Zhao S, Cen X, et al. Effect of clear aligners on oral health-related quality of life: A systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2020;23(4):363-70.
129. Grewal H, Sapawat P, Modi P, Aggarwal S. Psychological impact of orthodontic treatment on quality of life - A longitudinal study. *Int Orthod.* 2019;17(2):269-76.
130. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement.* 1960;20(1):37-46.
131. McHugh ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem Med (Zagreb).* 2012;22(3):276-82.
132. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33(1):159-74.
133. Ainamo J, Barmes D, Beagrie G, Cutress T, Martin J, Sardo-Infirri J. Development of the World Health Organization (WHO) community periodontal index of treatment needs (CPITN). *Int Dent J.* 1982;32(3):281-91.

134. Hellwig E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung: Deutscher Ärzteverlag; 2009.
135. Landry RG, Jean M. Periodontal Screening and Recording (PSR) Index: precursors, utility and limitations in a clinical setting. *Int Dent J*. 2002;52(1):35-40.
136. Rukat H, Kielbassa AM. Der Parodontale Screening-Index (PSI) - Eine Möglichkeit zur parodontalen Frühdiagnostik. *ZWR*. 2004;113(06):271-5.
137. Löe H. The Gingival Index, the Plaque Index and the Retention Index Systems. *J Periodontol*. 1967;38(6):Suppl:610-6.
138. Miyazaki H, Sakao S, Katoh Y, Takehara T. Correlation between volatile sulphur compounds and certain oral health measurements in the general population. *J Periodontol*. 1995;66(8):679-84.
139. Klein H, Palmer CE, Knutson JW. Studies on Dental Caries: I. Dental Status and Dental Needs of Elementary School Children. *Public Health Reports (1896-1970)*. 1938;53(19):751-65.
140. Ansyco\_GmbH. RH-17 Halimeter Anleitung. 2011.
141. Bullinger M, Mackensen S, Kirchberger I. KINDL - ein Fragebogen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Kindern. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*. 1994;2:64-7.
142. Ravens-Sieberer U, Bullinger M. Assessing health-related quality of life in chronically ill children with the German KINDL: first psychometric and content analytical results. *Quality of Life Research*. 1998;7(5):399-407.
143. Ravens-Sieberer U, Bullinger M. News from the KINDL-questionnaire: A new version for adolescents. *Quality of Life Research*. 1998:653-.
144. Ravens-Sieberer U, Ellert U, Erhart M. Gesundheitsbezogene Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*. 2007;50(5-6):810-8.
145. Bigler T, Filippi A. Importance of halitosis. A survey of adolescents and young adults. *Swiss dental journal*. 2016;126(4):347-59.
146. AlSadhan SA. Self-perceived halitosis and related factors among adults residing in Riyadh, Saudi Arabia. A cross sectional study. *The Saudi Dental Journal*. 2016;28(3):118-23.
147. Anu V, Madan Kumar PD, Shivakumar M. Salivary flow rate, pH and buffering capacity in patients undergoing fixed orthodontic treatment - A prospective study. *Indian J Dent Res*. 2019;30(4):527-30.
148. Kaygisiz E, Uzuner FD, Yuksel S, Taner L, Çulhaoğlu R, Sezgin Y, et al. Effects of self-ligating and conventional brackets on halitosis and periodontal conditions. *Angle Orthod*. 2015;85(3):468-73.
149. Winkel EG, Roldán S, Van Winkelhoff AJ, Herrera D, Sanz M. Clinical effects of a new mouthrinse containing chlorhexidine, cetylpyridinium chloride and zinc-lactate on oral halitosis. *Journal of Clinical Periodontology*. 2003;30(4):300-6.
150. Shimizu T, Ueda T, Sakurai K. New method for evaluation of tongue-coating status. *J Oral Rehabil*. 2007;34(6):442-7.



151. Antezack A, Monnet-Corti V. [Oral and periodontal hygiene in orthodontic patients]. *Orthod Fr.* 2018;89(2):181-90.
152. Opsahl Vital S, Haignere-Rubinstein C, Lasfargues JJ, Chaussain C. Caries risk and orthodontic treatment. *Int Orthod.* 2010;8(1):28-45.
153. Migliario M, Rimondini L. Oral and non oral diseases and conditions associated with bad breath. *Minerva stomatologica.* 2011;60(3):105-15.
154. Al-Anezi SA, Harradine NW. Quantifying plaque during orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2012;82(4):748-53.
155. Rego RO, Oliveira CA, dos Santos-Pinto A, Jordan SF, Zambon JJ, Cirelli JA, et al. Clinical and microbiological studies of children and adolescents receiving orthodontic treatment. *Am J Dent.* 2010;23(6):317-23.
156. Ainamo J, Nordblad A, Kallio P. Use of the CPITN in populations under 20 years of age. *Int Dent J.* 1984;34(4):285-91.
157. Attin R. Kariesprävention in der Kieferorthopädie. Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie. 2016;48(02):121-6.
158. Anbari F, Ashouri Moghaddam A, Sabeti E, Khodabakhshi A. Halitosis: Helicobacter pylori or oral factors. *Helicobacter.* 2019;24(1):e12556.
159. Evirgen S, Kamburoğlu K. Effects of tongue coating and oral health on halitosis among dental students. *Oral Health Prev Dent.* 2013;11(2):169-73.
160. AlSeraidi M, Hansa I, Dhaval F, Ferguson DJ, Vaid NR. The effect of vestibular, lingual, and aligner appliances on the quality of life of adult patients during the initial stages of orthodontic treatment. *Prog Orthod.* 2021;22(1):3.
161. Antonio-Zancajo L, Montero J, Albaladejo A, Oteo-Calatayud MD, Alvarado-Lorenzo A. Pain and Oral-Health-Related Quality of Life in Orthodontic Patients During Initial Therapy with Conventional, Low-Friction, and Lingual Brackets and Aligners (Invisalign): A Prospective Clinical Study. *J Clin Med.* 2020;9(7).
162. Ito HO. Infective endocarditis and dental procedures: evidence, pathogenesis, and prevention. *J Med Invest.* 2006;53(3-4):189-98.
163. Liu XN, Shinada K, Chen XC, Zhang BX, Yaegaki K, Kawaguchi Y. Oral malodor-related parameters in the Chinese general population. *J Clin Periodontol.* 2006;33(1):31-6.
164. Chen X, Zhang Y, Lu HX, Feng XP. Factors Associated with Halitosis in White-Collar Employees in Shanghai, China. *PLoS One.* 2016;11(5):e0155592.
165. Delanghe G, Ghyselen J, van Steenberghe D, Feenstra L. Multidisciplinary breath-odour clinic. *The Lancet.* 1997;350(9072):187.
166. Rösing CK, Loesche W. Halitosis: an overview of epidemiology, etiology and clinical management. *Braz Oral Res.* 2011;25(5):466-71.
167. Nalçacı R, Dülgergil T, Oba AA, Gelgör IE. Prevalence of breath malodour in 7- 11-year-old children living in Middle Anatolia, Turkey. *Community Dent Health.* 2008;25(3):173-7.
168. Nalçacı R, Sönmez IS. Evaluation of oral malodor in children. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 2008;106(3):384-8.

169. Van den Velde S, van Steenberghe D, Van Hee P, Quirynen M. Detection of odorous compounds in breath. *Journal of dental research*. 2009;88(3):285-9.
170. Rosenberg M, Septon I, Eli I, Bar-Ness R, Gelernter I, Brenner S, et al. Halitosis measurement by an industrial sulphide monitor. *J Periodontol*. 1991;62(8):487-9.
171. Eli I, Baht R, Koriat H, Rosenberg MEL. Self-perception of breath odor. *The Journal of the American Dental Association*. 2001;132(5):621-6.
172. Feil PH, Grauer JS, Gadbury-Amyot CC, Kula K, McCunniff MD. Intentional use of the Hawthorne effect to improve oral hygiene compliance in orthodontic patients. *J Dent Educ*. 2002;66(10):1129-35.
173. Braunholtz DA, Edwards SJ, Lilford RJ. Are randomized clinical trials good for us (in the short term)? Evidence for a "trial effect". *J Clin Epidemiol*. 2001;54(3):217-24.
174. Abdulraheem S, Paulsson L, Petrén S, Sonesson M. Do fixed orthodontic appliances cause halitosis? A systematic review. *BMC oral health*. 2019;19(1):72.
175. Schmider E, Ziegler M, Danay E, Beyer L, Buehner M. Is It Really Robust? Methodology: *European Journal of Research Methods for the Behavioral and Social Sciences*. 2010;6:147-51.
176. Davidov O, Jelsema CM, Peddada S. Testing for inequality constraints in singular models by trimming or winsorizing the variance matrix. *J Am Stat Assoc*. 2018;113(522):906-18.
177. Christersson LA, Grossi SG, Dunford RG, Machtei EE, Genco RJ. Dental plaque and calculus: risk indicators for their formation. *J Dent Res*. 1992;71(7):1425-30.
178. Bruno G, De Stefani A, Pillan M, Balasso P, Mazzoleni S, Gracco A, et al. Vestibular and lingual orthodontics: experimental study on plaque and blood indexes. *Minerva stomatologica*. 2019;68(6):285-90.
179. Wu Y, Cao L, Cong J. The periodontal status of removable appliances vs fixed appliances: A comparative meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(50):e23165.
180. Lu H, Tang H, Zhou T, Kang N. Assessment of the periodontal health status in patients undergoing orthodontic treatment with fixed appliances and Invisalign system: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(13):e0248.
181. Miethke RR, Brauner K. A Comparison of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign system and with fixed lingual appliances. *J Orofac Orthop*. 2007;68(3):223-31.
182. Axelsson P, Lindhe J. Effect of controlled oral hygiene procedures on caries and periodontal disease in adults. Results after 6 years. *J Clin Periodontol*. 1981;8(3):239-48.
183. Koshimune S, Awano S, Gohara K, Kurihara E, Ansai T, Takehara T. Low salivary flow and volatile sulfur compounds in mouth air. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96(1):38-41.
184. Moradi G, Mohamadi Bolbanabad A, Moinafshar A, Adabi H, Sharafi M, Zareie B. Evaluation of Oral Health Status Based on the Decayed, Missing and Filled Teeth (DMFT) Index. *Iran J Public Health*. 2019;48(11):2050-7.

185. Bashirian S, Shirahmadi S, Seyedzadeh-Sabounchi S, Soltanian AR, Karimi-Shahanjarini A, Vahdatinia F. Association of caries experience and dental plaque with sociodemographic characteristics in elementary school-aged children: a cross-sectional study. *BMC Oral Health*. 2018;18(1):7.
186. de Couto Nascimento V, de Castro Ferreira Conti AC, de Almeida Cardoso M, Valarelli DP, de Almeida-Pedrin RR. Impact of orthodontic treatment on self-esteem and quality of life of adult patients requiring oral rehabilitation. *Angle Orthod*. 2016;86(5):839-45.
187. von Rueden U, Gosch A, Rajmil L, Bisegger C, Ravens-Sieberer U. Socioeconomic determinants of health related quality of life in childhood and adolescence: results from a European study. *J Epidemiol Community Health*. 2006;60(2):130-5.

## 8. Anhang

### 8.1 Abbildung des Kid-KINDL<sup>R</sup> Fragebogens



Hallo,

wir möchten gerne wissen, wie es dir zur Zeit geht. Dazu haben wir uns einige Fragen ausgedacht und bitten dich um deine Antwort.

- ⇒ Lies bitte jede Frage durch,
- ⇒ überlege, wie es in der letzten Woche war,
- ⇒ kreuze in jeder Zeile die Antwort an, die am besten zu dir passt.

Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten.  
Wichtig ist uns deine Meinung.

| Ein Beispiel:  | nie                      | selten                   | manch-mal                | oft                                 | Immer                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| In der letzten Woche habe ich gerne Musik gehört                                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Bogen ausgefüllt am:

\_\_\_\_\_  
Tag/Monat/Jahr

Bitte sage uns zunächst etwas zu dir. Kreuze an oder trage ein !



Ich bin ein

☐ Mädchen ☐ Junge

Ich bin

\_\_\_\_\_ Jahre alt

Wieviele Geschwister hast du?

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ über 5

Welche Schule besuchst du?

☐ Grundschule ☐ Hauptschule ☐ Realschule  
☐ Gesamtschule ☐ Gymnasium ☐ Sonderschule  
☐ privater Unterricht

**1. Zuerst möchten wir etwas über deinen Körper wissen, ...**

| In der letzten Woche ...                              | nie                      | selten                   | manch-<br>mal            | oft                      | immer                    |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. ... habe ich mich krank gefühlt                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. ... hatte ich Kopfschmerzen oder<br>Bauchschmerzen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. ... war ich müde und schlapp                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. ... hatte ich viel Kraft und Ausdauer              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**2. ... dann etwas darüber, wie du dich fühlst ...**

| In der letzten Woche ...                        | nie                      | selten                   | manch-<br>mal            | oft                      | immer                    |
|-------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. ... habe ich viel gelacht und Spaß<br>gehabt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. ... war mir langweilig                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. ... habe ich mich allein gefühlt             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. ... habe ich Angst gehabt                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**3. ... und was du selbst von dir hältst.**

| In der letzten Woche ...             | nie                      | selten                   | manch-<br>mal            | oft                      | immer                    |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. ... war ich stolz auf mich        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. ... fand ich mich gut             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. ... mochte ich mich selbst leiden | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. ... hatte ich viele gute Ideen    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4. In den nächsten Fragen geht es um deine Familie ...

| <i>In der letzten Woche ...</i>                       | nie                      | selten                   | manch-<br>mal            | oft                      | immer                    |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. ... habe ich mich gut mit meinen Eltern verstanden | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. ... habe ich mich zu Hause wohl gefühlt            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. ... hatten wir schlimmen Streit zu Hause           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. ... haben mir meine Eltern Sachen verboten         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. ... und danach um Freunde.

| <i>In der letzten Woche ...</i>                                  | nie                      | selten                   | manch-<br>mal            | oft                      | immer                    |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. ... habe ich mit Freunden gespielt                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. ... mochten mich die anderen Kinder                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. ... habe ich mich mit meinen Freunden gut verstanden          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. ... hatte ich das Gefühl, dass ich anders bin als die anderen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

6. Nun möchten wir noch etwas über die Schule wissen.

| <i>In der letzten Woche, in der ich in der Schule war ...</i> | nie                      | selten                   | manch-<br>mal            | oft                      | immer                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. ... habe ich die Schulaufgaben gut geschafft               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. ... hat mir der Unterricht Spaß gemacht                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. ... habe ich mir Sorgen um meine Zukunft gemacht           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. ... habe ich Angst vor schlechten Noten gehabt             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**VIELEN DANK FÜR DEINE MITARBEIT!**

## 8.2 Abbildung des allgemeinen Fragebogens

**UNIVERSITÄTSmedizin.**  
MAINZ  
Poliklinik für Kieferorthopädie

**Klinische Forschung: Überprüfung des Mundgeruchs bei Patienten der Kieferorthopädie**

**Bestehen bei dir Vorerkrankungen?**

|                            |                             |                               |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Herz-Kreislauferkrankungen | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Tumorerkrankungen          | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Diabetes                   | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Rheuma                     | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Immunschwäche              | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |

**Nimmst du regelmäßig Medikamente ein? Welche?**

**Wie oft am Tag putzt du deine Zähne?**

\_\_\_\_\_mal.    ☐ Elektrische Zahnbürste    ☐ Handzahnbürste

**Benutzt du Zahnseide?**

☐ Ja    ☐ Nein    ☐ gelegentlich

**Benutzt du eine Mundspüllösung?**

☐ Ja    ☐ Nein    ☐ gelegentlich

**Benutzt du einen Zungenreiniger?**

☐ Ja    ☐ Nein    ☐ gelegentlich

**Rauchst du?**

☐ Ja    ☐ Nein

**Stehst du unter beruflichem und/oder privatem Stress?**

☐ niemals    ☐ selten    ☐ manchmal    ☐ häufig

**Leidest du deiner Meinung nach zuweilen an Mundgeruch?**

☐ niemals    ☐ selten    ☐ manchmal    ☐ häufig

**Falls der Fall: Woher weißt du, dass du an Mundgeruch leidest?**

☐ es wurde mir gesagt  
☐ die Leute in meinem Umfeld benehmen sich komisch  
☐ ich bemerke es selbst

UNIVERSITÄTSMEDIZIN der Johannes Gutenberg-Universität Mainz · Körperschaft des öffentlichen Rechts  
Vorstand: Prof. Dr. med. Babette Simon (Vorsitzende und Medizinischer Vorstand), Univ.-Prof. Dr. med. Ulrich Förstermann (Wissenschaftlicher Vorstand),  
Marion Hehn (Pflegevorstand), Götz Scholz (Kaufmännischer Vorstand)  
Vorsitzende des Aufsichtsrates: Doris Ahnen  
Langenbeckstr. 1 · 55131 Mainz · Telefon +49 (0) 6131 17-0 · www.unimedizin-mainz.de · Bankverbindung: IBAN: DE83 5505 0120 0000 0000 75 BIC: MALADE51MNZ

### 8.3. Tabelle zum Alter der Jungen und Mädchen bei der Baselineuntersuchung in Jahren

|         |                                  |       |
|---------|----------------------------------|-------|
| Junge   | N                                | 19    |
|         | Mittelwert ( <i>M</i> )          | 14,63 |
|         | Median                           | 15,00 |
|         | Standardabweichung ( <i>SD</i> ) | 2,191 |
|         | Minimum                          | 11    |
|         | Maximum                          | 17    |
| Mädchen | N                                | 16    |
|         | Mittelwert ( <i>M</i> )          | 14,00 |
|         | Median                           | 14,50 |
|         | Standardabweichung ( <i>SD</i> ) | 2,098 |
|         | Minimum                          | 11    |
|         | Maximum                          | 17    |

### 8.4 Tabelle zum VSC-Gehalt der Ausatemluft in ppb bei der Baselineuntersuchung

|                                            |         | N  | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum |
|--------------------------------------------|---------|----|------------|--------------------|---------|---------|
| Mittelwert der Baseline Halimetermessungen | Junge   | 19 | 76,42      | 26,399             | 44      | 163     |
|                                            | Mädchen | 16 | 108,69     | 72,808             | 45      | 335     |
|                                            | Gesamt  | 35 | 91,17      | 54,531             | 44      | 335     |



## 8.5 Tabellen zur deskriptiven Statistik im zeitlichen Verlauf

Halimetermesswerte

| Art der Apparatur                                                  |                    |         | Messung<br>mittels<br>Halimeter<br>Baseline | Differenz der<br>VSC-Werte<br>nach 4<br>Wochen | Differenz der<br>VSC-Werte<br>nach 8<br>Wochen | Differenz der<br>VSC-Werte<br>nach 12<br>Wochen |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Kontrollgruppe ohne<br>kieferorthopädische<br>Apparatur            | N                  | Gültig  | 7                                           | 7                                              | 7                                              | 7                                               |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                           | 0                                              | 0                                              | 0                                               |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 62,00                                       | 7,1429                                         | 6,0000                                         | 4,7143                                          |
|                                                                    | Median             |         | 63,00                                       | 9,0000                                         | 4,0000                                         | 1,0000                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 12,288                                      | 12,33462                                       | 17,14643                                       | 19,61899                                        |
|                                                                    | Minimum            |         | 45                                          | -14,00                                         | -22,00                                         | -23,00                                          |
|                                                                    | Maximum            |         | 79                                          | 22,00                                          | 32,00                                          | 34,00                                           |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 53,00                                       | 0,0000                                         | -5,0000                                        | -9,0000                                         |
|                                                                    |                    | 50      | 63,00                                       | 9,0000                                         | 4,0000                                         | 1,0000                                          |
|                                                                    |                    | 75      | 76,00                                       | 20,0000                                        | 17,0000                                        | 25,0000                                         |
| Gruppe mit vestibulär<br>geklebter<br>Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                           | 7                                              | 7                                              | 7                                               |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                           | 0                                              | 0                                              | 0                                               |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 125,71                                      | -14,2857                                       | -9,1429                                        | -12,4286                                        |
|                                                                    | Median             |         | 103,00                                      | 6,0000                                         | 27,0000                                        | -3,0000                                         |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 95,175                                      | 95,73177                                       | 115,41437                                      | 54,54007                                        |
|                                                                    | Minimum            |         | 46                                          | -219,00                                        | -243,00                                        | -107,00                                         |
|                                                                    | Maximum            |         | 335                                         | 73,00                                          | 96,00                                          | 39,00                                           |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 81,00                                       | -16,0000                                       | -70,0000                                       | -55,0000                                        |
|                                                                    |                    | 50      | 103,00                                      | 6,0000                                         | 27,0000                                        | -3,0000                                         |
|                                                                    |                    | 75      | 119,00                                      | 51,0000                                        | 62,0000                                        | 36,0000                                         |
| Gruppe mit<br>herausnehmbarer<br>kieferorthopädischer<br>Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                           | 7                                              | 7                                              | 7                                               |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                           | 0                                              | 0                                              | 0                                               |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 77,14                                       | 3,5714                                         | 16,7143                                        | 9,1429                                          |
|                                                                    | Median             |         | 76,00                                       | 1,0000                                         | 5,0000                                         | 12,0000                                         |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 17,516                                      | 20,25551                                       | 34,71174                                       | 12,78578                                        |
|                                                                    | Minimum            |         | 53                                          | -22,00                                         | -8,00                                          | -12,00                                          |
|                                                                    | Maximum            |         | 96                                          | 30,00                                          | 92,00                                          | 22,00                                           |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 62,00                                       | -12,0000                                       | -6,0000                                        | -4,0000                                         |
|                                                                    |                    | 50      | 76,00                                       | 1,0000                                         | 5,0000                                         | 12,0000                                         |
|                                                                    |                    | 75      | 96,00                                       | 29,0000                                        | 20,0000                                        | 21,0000                                         |
| Gruppe mit Alignern                                                | N                  | Gültig  | 7                                           | 7                                              | 7                                              | 7                                               |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                           | 0                                              | 0                                              | 0                                               |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 101,71                                      | -35,5714                                       | -23,1429                                       | -9,7143                                         |
|                                                                    | Median             |         | 70,00                                       | -4,0000                                        | -6,0000                                        | 33,0000                                         |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 59,084                                      | 62,44693                                       | 61,48829                                       | 73,75119                                        |
|                                                                    | Minimum            |         | 58                                          | -140,00                                        | -145,00                                        | -127,00                                         |
|                                                                    | Maximum            |         | 207                                         | 17,00                                          | 39,00                                          | 52,00                                           |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 62,00                                       | -108,0000                                      | -51,0000                                       | -102,0000                                       |
|                                                                    |                    | 50      | 70,00                                       | -4,0000                                        | -6,0000                                        | 33,0000                                         |
|                                                                    |                    | 75      | 163,00                                      | 6,0000                                         | 25,0000                                        | 40,0000                                         |
| Gruppe mit lingual<br>geklebter<br>Multibracketapparatur           | N                  | Gültig  | 7                                           | 7                                              | 7                                              | 7                                               |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                           | 0                                              | 0                                              | 0                                               |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 89,29                                       | 9,5714                                         | 10,5714                                        | 39,8571                                         |
|                                                                    | Median             |         | 85,00                                       | 8,0000                                         | 14,0000                                        | 9,0000                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 33,094                                      | 45,11045                                       | 21,18850                                       | 102,09216                                       |
|                                                                    | Minimum            |         | 44                                          | -36,00                                         | -13,00                                         | -19,00                                          |
|                                                                    | Maximum            |         | 148                                         | 103,00                                         | 46,00                                          | 269,00                                          |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 63,00                                       | -20,0000                                       | -12,0000                                       | -11,0000                                        |
|                                                                    |                    | 50      | 85,00                                       | 8,0000                                         | 14,0000                                        | 9,0000                                          |
|                                                                    |                    | 75      | 104,00                                      | 13,0000                                        | 25,0000                                        | 21,0000                                         |

### Organoleptische Messwerte

| Art der Apparatur                                         |                    |         | Organoleptische Messung bei der Baselineuntersuchung | Differenz der organoleptischen Messwerte nach 4 Wochen | Differenz der organoleptischen Messwerte nach 8 Wochen | Differenz der organoleptischen Messwerte nach 12 Wochen |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|---------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Kontrollgruppe ohne kieferorthopädische Apparatur         | N                  | Gültig  | 7                                                    | 7                                                      | 7                                                      | 7                                                       |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                                    | 0                                                      | 0                                                      | 0                                                       |
|                                                           | Mittelwert         |         | 1,429                                                | ,4286                                                  | ,6429                                                  | ,5714                                                   |
|                                                           | Median             |         | 1,500                                                | ,5000                                                  | ,5000                                                  | 1,0000                                                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,5345                                                | ,44987                                                 | ,55635                                                 | ,73193                                                  |
|                                                           | Minimum            |         | ,5                                                   | ,00                                                    | ,00                                                    | -,50                                                    |
|                                                           | Maximum            |         | 2,0                                                  | 1,00                                                   | 1,50                                                   | 1,50                                                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           |                    | 50      | 1,500                                                | ,5000                                                  | ,5000                                                  | 1,0000                                                  |
|                                                           |                    | 75      | 2,000                                                | 1,0000                                                 | 1,0000                                                 | 1,0000                                                  |
| Gruppe mit vestibulär geklebter Multibracketapparatur     | N                  | Gültig  | 7                                                    | 7                                                      | 7                                                      | 7                                                       |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                                    | 0                                                      | 0                                                      | 0                                                       |
|                                                           | Mittelwert         |         | ,929                                                 | ,5000                                                  | ,1429                                                  | ,2143                                                   |
|                                                           | Median             |         | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,8381                                                | 1,08012                                                | ,69007                                                 | ,80917                                                  |
|                                                           | Minimum            |         | ,0                                                   | -,50                                                   | -1,00                                                  | -1,00                                                   |
|                                                           | Maximum            |         | 2,0                                                  | 2,00                                                   | 1,00                                                   | 1,00                                                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | ,000                                                 | -,5000                                                 | ,0000                                                  | -,5000                                                  |
|                                                           |                    | 50      | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           |                    | 75      | 2,000                                                | 2,0000                                                 | 1,0000                                                 | 1,0000                                                  |
| Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                                    | 7                                                      | 7                                                      | 7                                                       |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                                    | 0                                                      | 0                                                      | 0                                                       |
|                                                           | Mittelwert         |         | ,786                                                 | ,0714                                                  | ,1429                                                  | ,2857                                                   |
|                                                           | Median             |         | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,5669                                                | ,60749                                                 | ,37796                                                 | ,90633                                                  |
|                                                           | Minimum            |         | ,0                                                   | -1,00                                                  | ,00                                                    | -1,00                                                   |
|                                                           | Maximum            |         | 1,5                                                  | 1,00                                                   | 1,00                                                   | 2,00                                                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | ,000                                                 | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           |                    | 50      | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           |                    | 75      | 1,000                                                | ,5000                                                  | ,0000                                                  | ,5000                                                   |
| Gruppe mit Alignern                                       | N                  | Gültig  | 7                                                    | 7                                                      | 7                                                      | 7                                                       |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                                    | 0                                                      | 0                                                      | 0                                                       |
|                                                           | Mittelwert         |         | 1,214                                                | -,3571                                                 | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           | Median             |         | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,8092                                                | 1,10733                                                | 1,11803                                                | 1,11803                                                 |
|                                                           | Minimum            |         | ,0                                                   | -2,50                                                  | -1,50                                                  | -1,50                                                   |
|                                                           | Maximum            |         | 2,5                                                  | 1,00                                                   | 2,00                                                   | 2,00                                                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 1,000                                                | -1,0000                                                | -1,0000                                                | -1,0000                                                 |
|                                                           |                    | 50      | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           |                    | 75      | 2,000                                                | ,0000                                                  | ,5000                                                  | ,5000                                                   |
| Gruppe mit lingual geklebter Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                                    | 7                                                      | 7                                                      | 7                                                       |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                                    | 0                                                      | 0                                                      | 0                                                       |
|                                                           | Mittelwert         |         | 1,357                                                | ,2143                                                  | ,3571                                                  | ,5000                                                   |
|                                                           | Median             |         | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,9449                                                | ,56695                                                 | ,47559                                                 | 1,25831                                                 |
|                                                           | Minimum            |         | ,0                                                   | ,00                                                    | ,00                                                    | -1,00                                                   |
|                                                           | Maximum            |         | 3,0                                                  | 1,50                                                   | 1,00                                                   | 3,00                                                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           |                    | 50      | 1,000                                                | ,0000                                                  | ,0000                                                  | ,0000                                                   |
|                                                           |                    | 75      | 2,000                                                | ,0000                                                  | 1,0000                                                 | 1,0000                                                  |

### Selbsteinschätzung der Probanden zum Vorliegen von Halitosis

|                                                                    |                    |         | Baseline:<br>Leidest du<br>deiner<br>Meinung<br>nach<br>zuweilen an<br>Mundgeruch? | Differenz der<br>Selbsteinschätzung der<br>Probanden<br>bezüglich<br>Mundgeruch<br>nach 4<br>Wochen | Differenz der<br>Selbsteinschätzung der<br>Probanden<br>bezüglich<br>Mundgeruch<br>nach 8<br>Wochen | Differenz der<br>Selbsteinschätzung der<br>Probanden<br>bezüglich<br>Mundgeruch<br>nach 12<br>Wochen |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Art der Apparatur                                                  |                    |         |                                                                                    |                                                                                                     |                                                                                                     |                                                                                                      |
| Kontrollgruppe ohne<br>kieferorthopädische<br>Apparatur            | N                  | Gültig  | 7                                                                                  | 7                                                                                                   | 7                                                                                                   | 7                                                                                                    |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                                                  | 0                                                                                                   | 0                                                                                                   | 0                                                                                                    |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,57                                                                                | ,0000                                                                                               | ,4286                                                                                               | ,2857                                                                                                |
|                                                                    | Median             |         | ,00                                                                                | ,0000                                                                                               | 1,0000                                                                                              | 1,0000                                                                                               |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,787                                                                               | ,57735                                                                                              | ,78680                                                                                              | ,95119                                                                                               |
|                                                                    | Minimum            |         | 0                                                                                  | -1,00                                                                                               | -1,00                                                                                               | -1,00                                                                                                |
|                                                                    | Maximum            |         | 2                                                                                  | 1,00                                                                                                | 1,00                                                                                                | 1,00                                                                                                 |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,00                                                                                | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | -1,0000                                                                                              |
|                                                                    |                    | 50      | ,00                                                                                | ,0000                                                                                               | 1,0000                                                                                              | 1,0000                                                                                               |
|                                                                    |                    | 75      | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | 1,0000                                                                                              | 1,0000                                                                                               |
| Gruppe mit vestibulär<br>geklebter<br>Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                                                                  | 7                                                                                                   | 7                                                                                                   | 7                                                                                                    |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                                                  | 0                                                                                                   | 0                                                                                                   | 0                                                                                                    |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,71                                                                                | -,1429                                                                                              | ,4286                                                                                               | ,4286                                                                                                |
|                                                                    | Median             |         | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,756                                                                               | ,69007                                                                                              | ,53452                                                                                              | ,53452                                                                                               |
|                                                                    | Minimum            |         | 0                                                                                  | -1,00                                                                                               | ,00                                                                                                 | ,00                                                                                                  |
|                                                                    | Maximum            |         | 2                                                                                  | 1,00                                                                                                | 1,00                                                                                                | 1,00                                                                                                 |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,00                                                                                | -1,0000                                                                                             | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    |                    | 50      | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    |                    | 75      | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | 1,0000                                                                                              | 1,0000                                                                                               |
| Gruppe mit<br>herausnehmbarer<br>kieferorthopädischer<br>Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                                                                  | 7                                                                                                   | 7                                                                                                   | 7                                                                                                    |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                                                  | 0                                                                                                   | 0                                                                                                   | 0                                                                                                    |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,71                                                                                | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    | Median             |         | ,00                                                                                | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,951                                                                               | ,57735                                                                                              | ,81650                                                                                              | 1,00000                                                                                              |
|                                                                    | Minimum            |         | 0                                                                                  | -1,00                                                                                               | -1,00                                                                                               | -1,00                                                                                                |
|                                                                    | Maximum            |         | 2                                                                                  | 1,00                                                                                                | 1,00                                                                                                | 1,00                                                                                                 |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,00                                                                                | ,0000                                                                                               | -1,0000                                                                                             | -1,0000                                                                                              |
|                                                                    |                    | 50      | ,00                                                                                | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    |                    | 75      | 2,00                                                                               | ,0000                                                                                               | 1,0000                                                                                              | 1,0000                                                                                               |
| Gruppe mit Alignern                                                | N                  | Gültig  | 7                                                                                  | 7                                                                                                   | 7                                                                                                   | 7                                                                                                    |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                                                  | 0                                                                                                   | 0                                                                                                   | 0                                                                                                    |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | ,1429                                                                                               | ,5714                                                                                                |
|                                                                    | Median             |         | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,000                                                                               | ,57735                                                                                              | ,69007                                                                                              | ,78680                                                                                               |
|                                                                    | Minimum            |         | 1                                                                                  | -1,00                                                                                               | -1,00                                                                                               | ,00                                                                                                  |
|                                                                    | Maximum            |         | 1                                                                                  | 1,00                                                                                                | 1,00                                                                                                | 2,00                                                                                                 |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    |                    | 50      | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    |                    | 75      | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | 1,0000                                                                                              | 1,0000                                                                                               |
| Gruppe mit lingual<br>geklebter<br>Multibracketapparatur           | N                  | Gültig  | 7                                                                                  | 7                                                                                                   | 7                                                                                                   | 7                                                                                                    |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                                                  | 0                                                                                                   | 0                                                                                                   | 0                                                                                                    |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,71                                                                                | ,1429                                                                                               | ,4286                                                                                               | ,1429                                                                                                |
|                                                                    | Median             |         | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,756                                                                               | ,37796                                                                                              | ,97590                                                                                              | ,69007                                                                                               |
|                                                                    | Minimum            |         | 0                                                                                  | ,00                                                                                                 | -1,00                                                                                               | -1,00                                                                                                |
|                                                                    | Maximum            |         | 2                                                                                  | 1,00                                                                                                | 2,00                                                                                                | 1,00                                                                                                 |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,00                                                                                | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    |                    | 50      | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                               | ,0000                                                                                                |
|                                                                    |                    | 75      | 1,00                                                                               | ,0000                                                                                               | 1,0000                                                                                              | 1,0000                                                                                               |

**PI-Messwerte**

| Art der Apparatur                                                  |                    |         | PI bei der<br>Baselineunter-<br>suchung | Differenz der<br>PI-Werte<br>nach 4<br>Wochen | Differenz der<br>PI-Werte<br>nach 8<br>Wochen | Differenz der<br>PI-Werte<br>nach 12<br>Wochen |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Kontrollgruppe ohne<br>kieferorthopädische<br>Apparatur            | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,6757                                   | ,2643                                         | ,2714                                         | ,2086                                          |
|                                                                    | Median             |         | ,6800                                   | ,1100                                         | ,2200                                         | ,1000                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,54817                                  | ,32129                                        | ,26429                                        | ,22967                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,00                                     | ,00                                           | ,00                                           | ,00                                            |
|                                                                    | Maximum            |         | 1,33                                    | ,78                                           | ,67                                           | ,67                                            |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,0700                                   | ,0400                                         | ,0700                                         | ,0700                                          |
|                                                                    |                    | 50      | ,6800                                   | ,1100                                         | ,2200                                         | ,1000                                          |
|                                                                    |                    | 75      | 1,2200                                  | ,6700                                         | ,6100                                         | ,3200                                          |
| Gruppe mit vestibulär<br>geklebter<br>Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,6800                                   | ,0743                                         | ,2014                                         | ,1629                                          |
|                                                                    | Median             |         | ,6100                                   | ,0000                                         | ,1300                                         | ,0700                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,40121                                  | ,34952                                        | ,30981                                        | ,21998                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,17                                     | -,35                                          | -,14                                          | -,04                                           |
|                                                                    | Maximum            |         | 1,46                                    | ,60                                           | ,64                                           | ,54                                            |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,4300                                   | -,1300                                        | -,0500                                        | ,0100                                          |
|                                                                    |                    | 50      | ,6100                                   | ,0000                                         | ,1300                                         | ,0700                                          |
|                                                                    |                    | 75      | ,8100                                   | ,5100                                         | ,5600                                         | ,4000                                          |
| Gruppe mit<br>herausnehmbarer<br>kieferorthopädischer<br>Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 1,1571                                  | ,2329                                         | ,0371                                         | ,2829                                          |
|                                                                    | Median             |         | 1,1800                                  | ,0000                                         | ,0000                                         | ,2500                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,60235                                  | ,50957                                        | ,44802                                        | ,68229                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,22                                     | -,33                                          | -,55                                          | -,55                                           |
|                                                                    | Maximum            |         | 2,00                                    | 1,04                                          | ,73                                           | 1,32                                           |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,6300                                   | -,0700                                        | -,3700                                        | -,3000                                         |
|                                                                    |                    | 50      | 1,1800                                  | ,0000                                         | ,0000                                         | ,2500                                          |
|                                                                    |                    | 75      | 1,7100                                  | ,8500                                         | ,4500                                         | ,8600                                          |
| Gruppe mit Alignern                                                | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,2914                                   | ,0243                                         | -,0529                                        | ,0600                                          |
|                                                                    | Median             |         | ,1100                                   | ,0000                                         | ,0000                                         | ,0000                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,38338                                  | ,21509                                        | ,18373                                        | ,24173                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,00                                     | -,28                                          | -,36                                          | -,22                                           |
|                                                                    | Maximum            |         | 1,07                                    | ,28                                           | ,21                                           | ,57                                            |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,0000                                   | -,2200                                        | -,2200                                        | ,0000                                          |
|                                                                    |                    | 50      | ,1100                                   | ,0000                                         | ,0000                                         | ,0000                                          |
|                                                                    |                    | 75      | ,4300                                   | ,2100                                         | ,0000                                         | ,0400                                          |
| Gruppe mit lingual<br>geklebter<br>Multibracketapparatur           | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,7014                                   | ,5757                                         | ,4757                                         | ,6400                                          |
|                                                                    | Median             |         | ,6800                                   | ,3700                                         | ,4700                                         | ,5800                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,37302                                  | ,50639                                        | ,46162                                        | ,63624                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,18                                     | ,04                                           | -,12                                          | -,53                                           |
|                                                                    | Maximum            |         | 1,18                                    | 1,54                                          | 1,11                                          | 1,46                                           |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,3800                                   | ,1800                                         | ,0400                                         | ,4300                                          |
|                                                                    |                    | 50      | ,6800                                   | ,3700                                         | ,4700                                         | ,5800                                          |
|                                                                    |                    | 75      | 1,1400                                  | ,7900                                         | ,8300                                         | 1,1800                                         |

# GI-Messwerte

| Art der Apparatur                                                  |                    |         | GI bei der<br>Baselineunter-<br>suchung | Differenz der<br>GI-Werte<br>nach 4<br>Wochen | Differenz der<br>GI-Werte<br>nach 8<br>Wochen | Differenz der<br>GI-Werte<br>nach 12<br>Wochen |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Kontrollgruppe ohne<br>kieferorthopädische<br>Apparatur            | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,4371                                   | ,0371                                         | ,0471                                         | ,1029                                          |
|                                                                    | Median             |         | ,4800                                   | ,0000                                         | ,0000                                         | ,1000                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,27171                                  | ,05438                                        | ,06317                                        | ,12776                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,07                                     | ,00                                           | ,00                                           | ,00                                            |
|                                                                    | Maximum            |         | ,75                                     | ,12                                           | ,15                                           | ,37                                            |
|                                                                    | Perzentile 25      |         | ,1500                                   | ,0000                                         | ,0000                                         | ,0000                                          |
|                                                                    | 50                 |         | ,4800                                   | ,0000                                         | ,0000                                         | ,1000                                          |
| Gruppe mit vestibulär<br>geklebter<br>Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,4143                                   | ,1771                                         | ,1886                                         | ,2000                                          |
|                                                                    | Median             |         | ,4300                                   | ,2000                                         | ,2900                                         | ,2900                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,31617                                  | ,29073                                        | ,27193                                        | ,24873                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,00                                     | -,32                                          | -,29                                          | -,25                                           |
|                                                                    | Maximum            |         | ,82                                     | ,57                                           | ,43                                           | ,43                                            |
|                                                                    | Perzentile 25      |         | ,1300                                   | ,0000                                         | ,0300                                         | ,0000                                          |
|                                                                    | 50                 |         | ,4300                                   | ,2000                                         | ,2900                                         | ,2900                                          |
| Gruppe mit<br>herausnehmbarer<br>kieferorthopädischer<br>Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,7200                                   | ,1971                                         | ,2243                                         | ,2900                                          |
|                                                                    | Median             |         | ,5700                                   | ,1800                                         | ,1800                                         | ,2000                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,50984                                  | ,13035                                        | ,13612                                        | ,23805                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,18                                     | ,00                                           | ,05                                           | ,14                                            |
|                                                                    | Maximum            |         | 1,71                                    | ,37                                           | ,45                                           | ,82                                            |
|                                                                    | Perzentile 25      |         | ,3700                                   | ,0900                                         | ,1300                                         | ,1800                                          |
|                                                                    | 50                 |         | ,5700                                   | ,1800                                         | ,1800                                         | ,2000                                          |
| Gruppe mit Alignern                                                | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,3214                                   | ,0171                                         | ,0286                                         | ,0943                                          |
|                                                                    | Median             |         | ,1800                                   | ,1400                                         | ,1400                                         | ,1100                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,36136                                  | ,28582                                        | ,29054                                        | ,34375                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,00                                     | -,60                                          | -,60                                          | -,57                                           |
|                                                                    | Maximum            |         | 1,03                                    | ,21                                           | ,25                                           | ,46                                            |
|                                                                    | Perzentile 25      |         | ,0700                                   | ,0000                                         | ,0000                                         | ,0000                                          |
|                                                                    | 50                 |         | ,1800                                   | ,1400                                         | ,1400                                         | ,1100                                          |
| Gruppe mit lingual<br>geklebter<br>Multibracketapparatur           | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                             | 7                                             | 7                                              |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                             | 0                                             | 0                                              |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,3300                                   | ,1814                                         | ,2857                                         | ,3357                                          |
|                                                                    | Median             |         | ,2500                                   | ,1800                                         | ,3200                                         | ,3200                                          |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,18175                                  | ,10221                                        | ,11148                                        | ,17728                                         |
|                                                                    | Minimum            |         | ,21                                     | ,00                                           | ,14                                           | ,14                                            |
|                                                                    | Maximum            |         | ,67                                     | ,32                                           | ,45                                           | ,65                                            |
|                                                                    | Perzentile 25      |         | ,2100                                   | ,1300                                         | ,1400                                         | ,1400                                          |
|                                                                    | 50                 |         | ,2500                                   | ,1800                                         | ,3200                                         | ,3200                                          |
|                                                                    | 75                 |         | ,5000                                   | ,2700                                         | ,3300                                         | ,4300                                          |

# Messwerte des PSIs

| Art der Apparatur                                         |                    |         | Mittelwert des PSI bei der Baselineuntersuchung | Differenz der PSI-Werte nach 4 Wochen | Differenz der PSI-Werte nach 8 Wochen | Differenz der PSI-Werte nach 12 Wochen |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|---------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| Kontrollgruppe ohne kieferorthopädische Apparatur         | N                  | Gültig  | 7                                               | 7                                     | 7                                     | 7                                      |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                               | 0                                     | 0                                     | 0                                      |
|                                                           | Mittelwert         |         | ,5471                                           | ,0000                                 | -,0229                                | ,0014                                  |
|                                                           | Median             |         | ,5000                                           | ,0000                                 | ,0000                                 | ,0000                                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,41612                                          | ,17000                                | ,24561                                | ,25641                                 |
|                                                           | Minimum            |         | ,00                                             | -,17                                  | -,50                                  | -,50                                   |
|                                                           | Maximum            |         | 1,33                                            | ,34                                   | ,34                                   | ,34                                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | ,3300                                           | -,1700                                | ,0000                                 | ,0000                                  |
|                                                           |                    | 50      | ,5000                                           | ,0000                                 | ,0000                                 | ,0000                                  |
|                                                           |                    | 75      | ,6700                                           | ,0000                                 | ,0000                                 | ,1700                                  |
| Gruppe mit vestibulär geklebter Multibracketapparatur     | N                  | Gültig  | 7                                               | 7                                     | 7                                     | 7                                      |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                               | 0                                     | 0                                     | 0                                      |
|                                                           | Mittelwert         |         | ,7629                                           | ,3071                                 | ,2114                                 | ,0229                                  |
|                                                           | Median             |         | ,8300                                           | ,1600                                 | ,1600                                 | ,0000                                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,41872                                          | ,51474                                | ,41755                                | ,35349                                 |
|                                                           | Minimum            |         | ,00                                             | -,34                                  | -,17                                  | -,50                                   |
|                                                           | Maximum            |         | 1,17                                            | 1,00                                  | 1,00                                  | ,50                                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | ,5000                                           | ,0000                                 | -,1700                                | -,3400                                 |
|                                                           |                    | 50      | ,8300                                           | ,1600                                 | ,1600                                 | ,0000                                  |
|                                                           |                    | 75      | 1,1700                                          | 1,0000                                | ,5000                                 | ,3300                                  |
| Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                               | 7                                     | 7                                     | 7                                      |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                               | 0                                     | 0                                     | 0                                      |
|                                                           | Mittelwert         |         | ,5000                                           | ,1186                                 | ,2386                                 | ,1671                                  |
|                                                           | Median             |         | ,5000                                           | ,0000                                 | ,3300                                 | ,0000                                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,32031                                          | ,15900                                | ,32901                                | ,28582                                 |
|                                                           | Minimum            |         | ,00                                             | ,00                                   | -,16                                  | -,16                                   |
|                                                           | Maximum            |         | 1,00                                            | ,34                                   | ,83                                   | ,66                                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | ,3300                                           | ,0000                                 | ,0000                                 | ,0000                                  |
|                                                           |                    | 50      | ,5000                                           | ,0000                                 | ,3300                                 | ,0000                                  |
|                                                           |                    | 75      | ,6700                                           | ,3300                                 | ,3400                                 | ,3400                                  |
| Gruppe mit Alignern                                       | N                  | Gültig  | 7                                               | 7                                     | 7                                     | 7                                      |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                               | 0                                     | 0                                     | 0                                      |
|                                                           | Mittelwert         |         | ,3114                                           | -,0257                                | -,1443                                | -,0243                                 |
|                                                           | Median             |         | ,1700                                           | ,0000                                 | ,0000                                 | ,0000                                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,37786                                          | ,63229                                | ,45621                                | ,53891                                 |
|                                                           | Minimum            |         | ,00                                             | -1,00                                 | -1,00                                 | -,83                                   |
|                                                           | Maximum            |         | 1,00                                            | 1,16                                  | ,50                                   | 1,00                                   |
|                                                           | Perzentile         | 25      | ,0000                                           | -,1700                                | -,3400                                | -,1700                                 |
|                                                           |                    | 50      | ,1700                                           | ,0000                                 | ,0000                                 | ,0000                                  |
|                                                           |                    | 75      | ,6700                                           | ,0000                                 | ,0000                                 | ,0000                                  |
| Gruppe mit lingual geklebter Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                               | 7                                     | 7                                     | 7                                      |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                               | 0                                     | 0                                     | 0                                      |
|                                                           | Mittelwert         |         | ,3343                                           | ,1643                                 | ,1657                                 | ,3314                                  |
|                                                           | Median             |         | ,3300                                           | ,1600                                 | ,0000                                 | ,3300                                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | ,23572                                          | ,27355                                | ,27251                                | ,40757                                 |
|                                                           | Minimum            |         | ,00                                             | -,17                                  | -,17                                  | -,17                                   |
|                                                           | Maximum            |         | ,67                                             | ,67                                   | ,50                                   | ,83                                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | ,1700                                           | ,0000                                 | ,0000                                 | ,0000                                  |
|                                                           |                    | 50      | ,3300                                           | ,1600                                 | ,0000                                 | ,3300                                  |
|                                                           |                    | 75      | ,5000                                           | ,3300                                 | ,5000                                 | ,8300                                  |

### Messwerte des Zungenbelags-Indexes

| Art der Apparatur                                                  |                    |         | Zungenbelags<br>core bei der<br>Baselineunter-<br>suchung | Differenz des<br>Zungenbelags<br>cores nach 4<br>Wochen | Differenz des<br>Zungenbelags<br>cores nach 8<br>Wochen | Differenz des<br>Zungenbelags<br>cores nach 12<br>Wochen |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Kontrollgruppe ohne<br>kieferorthopädische<br>Apparatur            | N                  | Gültig  | 7                                                         | 7                                                       | 7                                                       | 7                                                        |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                         | 0                                                       | 0                                                       | 0                                                        |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 1,286                                                     | ,0000                                                   | ,1429                                                   | ,2143                                                    |
|                                                                    | Median             |         | 1,000                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,3934                                                     | ,28868                                                  | ,24398                                                  | ,39340                                                   |
|                                                                    | Minimum            |         | 1,0                                                       | -,50                                                    | ,00                                                     | ,00                                                      |
|                                                                    | Maximum            |         | 2,0                                                       | ,50                                                     | ,50                                                     | 1,00                                                     |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 1,000                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    |                    | 50      | 1,000                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    |                    | 75      | 1,500                                                     | ,0000                                                   | ,5000                                                   | ,5000                                                    |
| Gruppe mit vestibulär<br>geklebter<br>Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                                         | 7                                                       | 7                                                       | 7                                                        |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                         | 0                                                       | 0                                                       | 0                                                        |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 1,357                                                     | ,0714                                                   | ,0714                                                   | ,0714                                                    |
|                                                                    | Median             |         | 1,000                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,6268                                                     | ,53452                                                  | ,60749                                                  | ,18898                                                   |
|                                                                    | Minimum            |         | ,5                                                        | -,50                                                    | -1,00                                                   | ,00                                                      |
|                                                                    | Maximum            |         | 2,0                                                       | 1,00                                                    | 1,00                                                    | ,50                                                      |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 1,000                                                     | -,5000                                                  | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    |                    | 50      | 1,000                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    |                    | 75      | 2,000                                                     | ,5000                                                   | ,5000                                                   | ,0000                                                    |
| Gruppe mit<br>herausnehmbarer<br>kieferorthopädischer<br>Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                                         | 7                                                       | 7                                                       | 7                                                        |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                         | 0                                                       | 0                                                       | 0                                                        |
|                                                                    | Mittelwert         |         | ,857                                                      | ,2143                                                   | ,2857                                                   | ,2857                                                    |
|                                                                    | Median             |         | 1,000                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,4756                                                     | ,39340                                                  | ,39340                                                  | ,39340                                                   |
|                                                                    | Minimum            |         | ,0                                                        | ,00                                                     | ,00                                                     | ,00                                                      |
|                                                                    | Maximum            |         | 1,5                                                       | 1,00                                                    | 1,00                                                    | 1,00                                                     |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | ,500                                                      | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    |                    | 50      | 1,000                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    |                    | 75      | 1,000                                                     | ,5000                                                   | ,5000                                                   | ,5000                                                    |
| Gruppe mit Alignern                                                | N                  | Gültig  | 7                                                         | 7                                                       | 7                                                       | 7                                                        |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                         | 0                                                       | 0                                                       | 0                                                        |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 1,500                                                     | -,0714                                                  | -,0714                                                  | -,1429                                                   |
|                                                                    | Median             |         | 1,500                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,4082                                                     | ,34503                                                  | ,34503                                                  | ,37796                                                   |
|                                                                    | Minimum            |         | 1,0                                                       | -,50                                                    | -,50                                                    | -,50                                                     |
|                                                                    | Maximum            |         | 2,0                                                       | ,50                                                     | ,50                                                     | ,50                                                      |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 1,000                                                     | -,5000                                                  | -,5000                                                  | -,5000                                                   |
|                                                                    |                    | 50      | 1,500                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    |                    | 75      | 2,000                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
| Gruppe mit lingual<br>geklebter<br>Multibracketapparatur           | N                  | Gültig  | 7                                                         | 7                                                       | 7                                                       | 7                                                        |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                         | 0                                                       | 0                                                       | 0                                                        |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 1,500                                                     | ,1429                                                   | ,0714                                                   | ,2143                                                    |
|                                                                    | Median             |         | 1,500                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    | Standardabweichung |         | ,4082                                                     | ,24398                                                  | ,34503                                                  | ,48795                                                   |
|                                                                    | Minimum            |         | 1,0                                                       | ,00                                                     | -,50                                                    | -,50                                                     |
|                                                                    | Maximum            |         | 2,0                                                       | ,50                                                     | ,50                                                     | 1,00                                                     |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 1,000                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    |                    | 50      | 1,500                                                     | ,0000                                                   | ,0000                                                   | ,0000                                                    |
|                                                                    |                    | 75      | 2,000                                                     | ,5000                                                   | ,5000                                                   | ,5000                                                    |

# Messwerte des DMFT-Indexes

| Art der Apparatur                                         |                    |         | DMFT-Index bei der Baselineuntersuchung | Differenz der DMFT-Messwerte nach 4 Wochen | Differenz der DMFT-Messwerte nach 8 Wochen | Differenz der DMFT-Messwerte nach 12 Wochen |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|---------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kontrollgruppe ohne kieferorthopädische Apparatur         | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                          | 7                                          | 7                                           |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                          | 0                                          | 0                                           |
|                                                           | Mittelwert         |         | 7,86                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           | Median             |         | 8,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           | Standardabweichung |         | 6,644                                   | ,00000                                     | ,00000                                     | ,00000                                      |
|                                                           | Minimum            |         | 0                                       | ,00                                        | ,00                                        | ,00                                         |
|                                                           | Maximum            |         | 18                                      | ,00                                        | ,00                                        | ,00                                         |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 2,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 50      | 8,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 75      | 14,00                                   | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
| Gruppe mit vestibulär geklebter Multibracketapparatur     | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                          | 7                                          | 7                                           |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                          | 0                                          | 0                                           |
|                                                           | Mittelwert         |         | 5,14                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           | Median             |         | 4,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           | Standardabweichung |         | 3,288                                   | ,00000                                     | ,00000                                     | ,00000                                      |
|                                                           | Minimum            |         | 1                                       | ,00                                        | ,00                                        | ,00                                         |
|                                                           | Maximum            |         | 10                                      | ,00                                        | ,00                                        | ,00                                         |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 2,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 50      | 4,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 75      | 8,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
| Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                          | 7                                          | 7                                           |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                          | 0                                          | 0                                           |
|                                                           | Mittelwert         |         | 3,29                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           | Median             |         | 1,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           | Standardabweichung |         | 4,751                                   | ,00000                                     | ,00000                                     | ,00000                                      |
|                                                           | Minimum            |         | 0                                       | ,00                                        | ,00                                        | ,00                                         |
|                                                           | Maximum            |         | 13                                      | ,00                                        | ,00                                        | ,00                                         |
|                                                           | Perzentile         | 25      | ,00                                     | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 50      | 1,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 75      | 5,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
| Gruppe mit Alignern                                       | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                          | 7                                          | 7                                           |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                          | 0                                          | 0                                           |
|                                                           | Mittelwert         |         | 4,43                                    | ,1429                                      | ,1429                                      | ,2857                                       |
|                                                           | Median             |         | 4,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           | Standardabweichung |         | 1,718                                   | ,37796                                     | ,37796                                     | ,48795                                      |
|                                                           | Minimum            |         | 2                                       | ,00                                        | ,00                                        | ,00                                         |
|                                                           | Maximum            |         | 7                                       | 1,00                                       | 1,00                                       | 1,00                                        |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 3,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 50      | 4,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 75      | 6,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | 1,0000                                      |
| Gruppe mit lingual geklebter Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                       | 7                                          | 7                                          | 7                                           |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                       | 0                                          | 0                                          | 0                                           |
|                                                           | Mittelwert         |         | 7,71                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           | Median             |         | 6,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           | Standardabweichung |         | 5,438                                   | ,00000                                     | ,00000                                     | ,00000                                      |
|                                                           | Minimum            |         | 0                                       | ,00                                        | ,00                                        | ,00                                         |
|                                                           | Maximum            |         | 16                                      | ,00                                        | ,00                                        | ,00                                         |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 4,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 50      | 6,00                                    | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |
|                                                           |                    | 75      | 13,00                                   | ,0000                                      | ,0000                                      | ,0000                                       |



**Total Quality of life**

| Art der Apparatur                                                  |                    |         | KINDL - Total<br>Quality of life<br>100 (Baseline) | delta_total 4w | delta_total 8w | delta_total_12<br>w |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|----------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------------|
| Kontrollgruppe ohne<br>kieferorthopädische<br>Apparatur            | N                  | Gültig  | 7                                                  | 7              | 7              | 7                   |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                  | 0              | 0              | 0                   |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 75,1488                                            | 1,4881         | 1,0417         | 2,5298              |
|                                                                    | Median             |         | 73,9583                                            | 2,0833         | 2,0833         | 2,0833              |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 4,71361                                            | 5,40788        | 5,67366        | 3,55070             |
|                                                                    | Minimum            |         | 70,83                                              | -4,17          | -8,33          | -3,13               |
|                                                                    | Maximum            |         | 85,42                                              | 11,46          | 7,29           | 7,29                |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 72,9167                                            | -4,1667        | -4,1667        | ,0000               |
|                                                                    |                    | 50      | 73,9583                                            | 2,0833         | 2,0833         | 2,0833              |
|                                                                    |                    | 75      | 75,0000                                            | 3,1250         | 6,2500         | 6,2500              |
| Gruppe mit vestibulär<br>geklebter<br>Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                                  | 7              | 7              | 7                   |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                  | 0              | 0              | 0                   |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 69,7917                                            | ,4464          | ,0000          | 2,9762              |
|                                                                    | Median             |         | 67,7083                                            | 2,0833         | 1,0417         | 1,0417              |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 6,13317                                            | 6,85332        | 5,10310        | 11,16138            |
|                                                                    | Minimum            |         | 62,50                                              | -12,50         | -7,29          | -10,42              |
|                                                                    | Maximum            |         | 77,08                                              | 6,25           | 7,29           | 25,00               |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 64,5833                                            | -4,1667        | -4,1667        | -4,1667             |
|                                                                    |                    | 50      | 67,7083                                            | 2,0833         | 1,0417         | 1,0417              |
|                                                                    |                    | 75      | 77,0833                                            | 6,2500         | 4,1667         | 7,2917              |
| Gruppe mit<br>herausnehmbarer<br>kieferorthopädischer<br>Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                                  | 7              | 7              | 7                   |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                  | 0              | 0              | 0                   |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 74,5536                                            | -4,1667        | ,2976          | -4,7619             |
|                                                                    | Median             |         | 73,9583                                            | -2,0833        | -2,0833        | ,0000               |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 10,92273                                           | 4,46015        | 6,98031        | 22,54959            |
|                                                                    | Minimum            |         | 61,46                                              | -10,42         | -6,25          | -54,17              |
|                                                                    | Maximum            |         | 90,63                                              | ,00            | 14,58          | 14,58               |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 63,5417                                            | -9,3750        | -5,2083        | -2,0833             |
|                                                                    |                    | 50      | 73,9583                                            | -2,0833        | -2,0833        | ,0000               |
|                                                                    |                    | 75      | 85,4167                                            | ,0000          | 2,0833         | 7,2917              |
| Gruppe mit Alignern                                                | N                  | Gültig  | 7                                                  | 7              | 7              | 7                   |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                  | 0              | 0              | 0                   |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 74,2560                                            | ,7440          | -1,6369        | -2,3810             |
|                                                                    | Median             |         | 72,9167                                            | 1,0417         | -3,1250        | -3,1250             |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 7,38321                                            | 5,53537        | 5,34058        | 5,79084             |
|                                                                    | Minimum            |         | 63,54                                              | -7,29          | -7,29          | -11,46              |
|                                                                    | Maximum            |         | 84,38                                              | 6,25           | 6,25           | 6,25                |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 69,7917                                            | -6,2500        | -7,2917        | -6,2500             |
|                                                                    |                    | 50      | 72,9167                                            | 1,0417         | -3,1250        | -3,1250             |
|                                                                    |                    | 75      | 83,3333                                            | 5,2083         | 4,1667         | 2,0833              |
| Gruppe mit lingual<br>geklebter<br>Multibracketapparatur           | N                  | Gültig  | 7                                                  | 7              | 7              | 7                   |
|                                                                    |                    | Fehlend | 0                                                  | 0              | 0              | 0                   |
|                                                                    | Mittelwert         |         | 73,0655                                            | -2,6786        | -,7440         | 1,0417              |
|                                                                    | Median             |         | 75,0000                                            | -2,0833        | -2,0833        | 1,0417              |
|                                                                    | Standardabweichung |         | 7,02459                                            | 7,03561        | 6,27063        | 5,47907             |
|                                                                    | Minimum            |         | 58,33                                              | -13,54         | -8,33          | -8,33               |
|                                                                    | Maximum            |         | 79,17                                              | 5,21           | 8,33           | 8,33                |
|                                                                    | Perzentile         | 25      | 70,8333                                            | -10,4167       | -6,2500        | -2,0833             |
|                                                                    |                    | 50      | 75,0000                                            | -2,0833        | -2,0833        | 1,0417              |
|                                                                    |                    | 75      | 77,0833                                            | 3,1250         | 6,2500         | 6,2500              |

### Kategorien des Kid-KINDLs® (Baseline)

| Art der Apparatur                                         |                    |         | KINDL -<br>Körperliche<br>Wohlbefinden 100 | KINDL -<br>Psychisches<br>Wohlbefinden 100 | KINDL -<br>Selbstwert<br>100 | KINDL -<br>Familie<br>100 | KINDL -<br>Freunde<br>100 | KINDL -<br>Schule<br>100 |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|---------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Kontrollgruppe ohne kieferorthopädische Apparatur         | N                  | Gültig  | 7                                          | 7                                          | 7                            | 7                         | 7                         | 7                        |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                          | 0                                          | 0                            | 0                         | 0                         | 0                        |
|                                                           | Mittelwert         |         | 66,9643                                    | 83,0357                                    | 56,2500                      | 93,7500                   | 83,9286                   | 65,1786                  |
|                                                           | Median             |         | 68,7500                                    | 81,2500                                    | 50,0000                      | 93,7500                   | 87,5000                   | 68,7500                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | 4,72456                                    | 7,83479                                    | 26,02082                     | 6,25000                   | 11,88987                  | 19,38412                 |
|                                                           | Minimum            |         | 62,50                                      | 68,75                                      | 25,00                        | 81,25                     | 62,50                     | 37,50                    |
|                                                           | Maximum            |         | 75,00                                      | 93,75                                      | 93,75                        | 100,00                    | 100,00                    | 87,50                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 62,5000                                    | 81,2500                                    | 31,2500                      | 93,7500                   | 75,0000                   | 43,7500                  |
| Gruppe mit vestibulär geklebter Multibracketapparatur     | N                  | Gültig  | 7                                          | 7                                          | 7                            | 7                         | 7                         | 7                        |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                          | 0                                          | 0                            | 0                         | 0                         | 0                        |
|                                                           | Mittelwert         |         | 66,9643                                    | 83,0357                                    | 47,3214                      | 87,5000                   | 72,3214                   | 58,9286                  |
|                                                           | Median             |         | 75,0000                                    | 81,2500                                    | 43,7500                      | 87,5000                   | 75,0000                   | 56,2500                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | 18,99640                                   | 5,94494                                    | 15,24844                     | 10,82532                  | 15,24844                  | 19,38412                 |
|                                                           | Minimum            |         | 37,50                                      | 75,00                                      | 31,25                        | 75,00                     | 43,75                     | 31,25                    |
|                                                           | Maximum            |         | 87,50                                      | 93,75                                      | 68,75                        | 100,00                    | 87,50                     | 93,75                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 50,0000                                    | 81,2500                                    | 31,2500                      | 75,0000                   | 62,5000                   | 50,0000                  |
| Gruppe mit herausnehmbarer kieferorthopädischer Apparatur | N                  | Gültig  | 7                                          | 7                                          | 7                            | 7                         | 7                         | 7                        |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                          | 0                                          | 0                            | 0                         | 0                         | 0                        |
|                                                           | Mittelwert         |         | 73,2143                                    | 80,3571                                    | 55,3571                      | 83,9286                   | 83,0357                   | 75,8929                  |
|                                                           | Median             |         | 75,0000                                    | 81,2500                                    | 56,2500                      | 87,5000                   | 81,2500                   | 68,7500                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | 13,36306                                   | 11,08007                                   | 25,36930                     | 12,42537                  | 12,86665                  | 9,14906                  |
|                                                           | Minimum            |         | 62,50                                      | 62,50                                      | 31,25                        | 62,50                     | 68,75                     | 68,75                    |
|                                                           | Maximum            |         | 100,00                                     | 93,75                                      | 100,00                       | 100,00                    | 100,00                    | 87,50                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 62,5000                                    | 68,7500                                    | 31,2500                      | 75,0000                   | 68,7500                   | 68,7500                  |
| Gruppe mit Alignern                                       | N                  | Gültig  | 7                                          | 7                                          | 7                            | 7                         | 7                         | 7                        |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                          | 0                                          | 0                            | 0                         | 0                         | 0                        |
|                                                           | Mittelwert         |         | 68,7500                                    | 82,1429                                    | 55,3571                      | 86,6071                   | 80,3571                   | 64,2857                  |
|                                                           | Median             |         | 68,7500                                    | 81,2500                                    | 50,0000                      | 87,5000                   | 81,2500                   | 62,5000                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | 8,83883                                    | 5,62335                                    | 21,77913                     | 9,83495                   | 10,47602                  | 10,65210                 |
|                                                           | Minimum            |         | 56,25                                      | 75,00                                      | 31,25                        | 68,75                     | 62,50                     | 56,25                    |
|                                                           | Maximum            |         | 81,25                                      | 87,50                                      | 100,00                       | 100,00                    | 93,75                     | 87,50                    |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 62,5000                                    | 75,0000                                    | 43,7500                      | 81,2500                   | 75,0000                   | 56,2500                  |
| Gruppe mit lingual geklebter Multibracketapparatur        | N                  | Gültig  | 7                                          | 7                                          | 7                            | 7                         | 7                         | 7                        |
|                                                           |                    | Fehlend | 0                                          | 0                                          | 0                            | 0                         | 0                         | 0                        |
|                                                           | Mittelwert         |         | 67,8571                                    | 83,0357                                    | 56,2500                      | 86,6071                   | 81,2500                   | 71,4286                  |
|                                                           | Median             |         | 68,7500                                    | 81,2500                                    | 56,2500                      | 93,7500                   | 75,0000                   | 75,0000                  |
|                                                           | Standardabweichung |         | 10,47602                                   | 9,35017                                    | 25,76941                     | 9,83495                   | 10,20621                  | 24,43559                 |
|                                                           | Minimum            |         | 50,00                                      | 68,75                                      | 25,00                        | 68,75                     | 68,75                     | 37,50                    |
|                                                           | Maximum            |         | 81,25                                      | 93,75                                      | 100,00                       | 93,75                     | 93,75                     | 100,00                   |
|                                                           | Perzentile         | 25      | 62,5000                                    | 75,0000                                    | 31,2500                      | 81,2500                   | 75,0000                   | 50,0000                  |
|                                                           |                    | 50      | 68,7500                                    | 81,2500                                    | 56,2500                      | 93,7500                   | 75,0000                   | 75,0000                  |
|                                                           |                    | 75      | 75,0000                                    | 93,7500                                    | 68,7500                      | 93,7500                   | 93,7500                   | 100,0000                 |

**Kategorien des Kid-KINDLs® (Baseline), aufgeteilt nach Geschlecht**

| Geschlecht                                   | N           | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler des Mittelwertes |
|----------------------------------------------|-------------|------------|--------------------|---------------------------------|
| KINDL - Total Quality of life 100 (Baseline) | Junge<br>19 | 73,9583    | 7,37388            | 1,69168                         |
| Mädchen                                      | 16          | 72,6563    | 7,44871            | 1,86218                         |
| KINDL - Körperliches Wohlbefinden 100        | Junge<br>19 | 67,1053    | 8,79998            | 2,01885                         |
| Mädchen                                      | 16          | 70,7031    | 14,56286           | 3,64071                         |
| KINDL - Psychisches Wohlbefinden 100         | Junge<br>19 | 84,8684    | 7,00811            | 1,60777                         |
| Mädchen                                      | 16          | 79,2969    | 7,81250            | 1,95313                         |
| KINDL - Selbstwert 100                       | Junge<br>19 | 59,8684    | 26,13033           | 5,99471                         |
| Mädchen                                      | 16          | 47,2656    | 13,87608           | 3,46902                         |
| KINDL - Familie 100                          | Junge<br>19 | 86,1842    | 10,53659           | 2,41726                         |
| Mädchen                                      | 16          | 89,4531    | 9,33150            | 2,33287                         |
| KINDL - Freunde 100                          | Junge<br>19 | 78,6184    | 12,02496           | 2,75872                         |
| Mädchen                                      | 16          | 82,0313    | 12,68098           | 3,17025                         |
| KINDL - Schule 100                           | Junge<br>19 | 71,0526    | 18,42432           | 4,22683                         |
| Mädchen                                      | 16          | 62,5000    | 15,81139           | 3,95285                         |

## 8.6 Korrelation der Messverfahren zur Diagnostik von Mundgeruch

| Korrelationen       |                                                              |                         | Mundgeruch bei Baselineuntersuchung mittels Halimetermessung | Mundgeruch bei organoleptischer Baselineuntersuchung | Selbsteinschätzung des Mundgeruchs bei Baselineuntersuchung |
|---------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Spearman-Rho</b> | Mundgeruch bei Baselineuntersuchung mittels Halimetermessung | Korrelationskoeffizient | 1,000                                                        | 0,603**                                              | -0,167                                                      |
|                     |                                                              | Sig. (2-seitig)         | .                                                            | <0,001                                               | 0,339                                                       |
|                     |                                                              | N                       | 35                                                           | 35                                                   | 35                                                          |
|                     | Mundgeruch bei organoleptischer Baselineuntersuchung         | Korrelationskoeffizient | 0,603**                                                      | 1,000                                                | -0,101                                                      |
|                     |                                                              | Sig. (2-seitig)         | <0,001                                                       | .                                                    | 0,566                                                       |
|                     |                                                              | N                       | 35                                                           | 35                                                   | 35                                                          |
|                     | Selbsteinschätzung des Mundgeruchs bei Baselineuntersuchung  | Korrelationskoeffizient | -0,167                                                       | -0,101                                               | 1,000                                                       |
|                     |                                                              | Sig. (2-seitig)         | 0,339                                                        | 0,566                                                | .                                                           |
|                     |                                                              | N                       | 35                                                           | 35                                                   | 35                                                          |

\*\* Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

## 9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei den nachstehenden Personen bedanken, ohne deren Mitwirken das Verfassen der dargelegten Dissertationsschrift nicht möglich gewesen wäre:

Der Betreuerin meiner Dissertation danke ich herzlich für die Vergabe des Dissertationsthemas, die stete Betreuung sowie die wegweisende Unterstützung während des gesamten Promotionszeitraumes.

Für die kompetente und hilfsbereite Erstellung des Zweitgutachtens möchte ich danken.

Den Mitarbeitern des Instituts für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik danke ich herzlich für die professionelle Beratung bezüglich der statistischen Auswertung.

Mein Dank gebührt zudem allen Mitarbeitern der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, die mich während der klinischen Datenerhebung stets unterstützten und mir die Durchführung dieser klinischen Studie ermöglichten.

Vielen Dank auch an alle Probanden, die sich zur Teilnahme an der Studie bereit erklärten und die Folgetermine konsequent einhielten.

Zuletzt möchte ich vor allem meinen Eltern und Großeltern danken, die mich auf meinem bisherigen Lebensweg immerzu unterstützten, liebevoll motivierten und somit die Fertigstellung meiner Promotionsschrift ermöglichten. Ein weiteres Dankeschön an meine Familie, meine Freunde und alle Wegbegleiter, die mich auf meinem bisherigen Weg unterstützten und zu einem Gelingen der Promotion beitrugen.