

Der Vergleich des Zahnputzvorgangs bei höchster und niedrigster Zahnputzeffektivität

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

des Fachbereichs Medizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Erika Sitter

aus Nienburg/Weser

Gießen 2025

Aus dem Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Institut für Medizinische Psychologie

Gutachterin: Prof. Dr. R. Deinzer

Gutachterin: PD Dr. N. Schulz-Weidner

Tag der Disputation: 14.04.2026

Inhaltsverzeichnis

1	Theoretischer Hintergrund	1
1.1	Einleitung.....	1
1.2	Plaque-induzierte Parodontalerkrankungen	2
1.2.1.	Epidemiologie, Entstehung und Entwicklung parodontaler Erkrankungen.....	2
1.2.2.	Zur Ursache und der Bedeutung der häuslichen Mundhygiene	3
1.3	Effektivität der häuslichen Mundhygiene	4
1.3.1.	Zahnputzfertigkeiten in der Bevölkerung.....	4
1.3.2.	Der ideale Zahnputzvorgang	4
1.4	Beobachtungen zum Zahnputzvorgang.....	6
1.4.1.	Merkmale des Zahnputzvorgangs	6
1.4.2.	Zusammenhang zwischen Merkmalen des Zahnputzvorgangs und der erreichten Plaquefreiheit.....	7
1.4.3.	Methodische Probleme bisheriger Untersuchungen	9
1.5	Fragestellung und Hypothesen	10
2	Methode	17
2.1	Ethik und Datenschutz	17
2.2	Sechste Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS • 6)	17
2.2.1.	Stichprobe	18
2.2.2	Untersuchung.....	19
2.2.3	Sozialwissenschaftliche Parameter.....	20
2.2.4	Videoaufzeichnung des Zahnputzvorgangs	21
2.2.5	Klinische Parameter.....	22
2.3	Zusammenstellung der Untersuchungsgruppen	23
2.3.1	Auswahl der geeigneten Aufnahmen	23
2.3.2	Herleitung der Probandenauswahl	25
2.3.3	Probandenauswahl der Erwachsenen	27
2.3.4	Probandenauswahl der Kinder	30
2.4	Verhaltensparameter	32
2.4.1	Kalibrierung der Untersuchenden.....	32
2.4.2	Auswertung der Zahnputzaufnahmen	33
2.4.3	Interraterreliabilität	36
2.5	Statistische Datenanalyse.....	37

3	Ergebnisse	40
3.1	Stichprobe der Erwachsenen.....	40
3.1.1	Deskription der Stichprobe	40
3.1.2	Prüfung der Forschungshypothesen	42
3.1.3	Explorative Analyse	45
3.2	Stichprobe der Kinder	46
3.2.1	Deskription der Stichprobe	46
3.2.2	Prüfung der Forschungshypothesen	48
3.2.3	Explorative Analyse	50
4	Diskussion	53
4.1	Beantwortung der Fragestellung.....	54
4.2	Einordnung der Stichproben	56
4.2.1	Stichprobe der Erwachsenen	56
4.2.2	Stichprobe der Kinder	60
4.3	Limitationen	63
4.4	Schlussfolgerung und Ausblick.....	66
5	Zusammenfassung	69
6	Summary	70
7	Abkürzungsverzeichnis	71
8	Abbildungsverzeichnis	73
9	Tabellenverzeichnis	75
10	Literaturverzeichnis	77
11	Anhang	86
12	Publikationsverzeichnis	97
13	Ehrenwörtliche Erklärung	98
14	Danksagung	99

1 Theoretischer Hintergrund

1.1 Einleitung

Die Prävalenz der Parodontitis als chronisch-entzündliche Erkrankung des Parodonts wird in Deutschland derzeit auf über 85 % geschätzt (Eickholz et al. 2025). Dabei gilt die dentale Plaque als primäre Ursache für die Entstehung und das Fortschreiten der Erkrankung. Auch wenn die Reinigung mit einer Zahnbürste die effektivste Maßnahme zur Entfernung der Plaque darstellt und sich das Zähneputzen zwei Mal täglich fest etabliert hat, legen Untersuchungen zur Effektivität des Zahnputzvorgangs nahe, dass es in der Bevölkerung an Fertigkeiten zur Herstellung von Plaquefreiheit mangelt (Deinzer et al. 2025; Weik et al. 2023; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Harnacke et al. 2015). Welche Aspekte jedoch einen effektiven Zahnputzvorgang kennzeichnen, ist bislang nicht hinreichend wissenschaftlich belegt. Das Ziel dieser Arbeit ist es demnach zu untersuchen, welche Verhaltensaspekte mit einer effektiven Zahnreinigung assoziiert sind.

Die Untersuchung möglicher Zusammenhänge erfolgt auf Basis der der Sechsten Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS · 6). Im Rahmen dieser bundesweit angelegten oralepidemiologischen Studie wurde der Zahnputzvorgang der Teilnehmenden videoaufgezeichnet und anschließend die verbleibende Plaque nach Putzen erfasst. Für diese Arbeit werden zwei Gruppen einander gegenübergestellt: Die Personen mit den niedrigsten und diejenigen mit den höchsten Plaquewerten nach Putzen. Ihr Zahnputzverhalten wird systematisch analysiert. Verhaltensunterschiede zwischen den Gruppen sollen Aufschluss darüber geben, welche Verhaltensweisen eine effektive Zahnreinigung vorhersagen.

Vor Beschreibung der Methoden und Ergebnisse der Untersuchung in den Folgekapiteln widmet sich dieser Abschnitt ausführlicher dem theoretischen Hintergrund der Arbeit. Einleitend soll dafür die Ätiopathogenese plaque-bedingter Parodontalerkrankungen erläutert werden (Kapitel 1.2), bevor anschließend auf die häusliche Mundhygiene - im Speziellen auf die Fertigkeiten in der Bevölkerung sowie die Evidenzbasis aktueller Mundhygieneempfehlungen - eingegangen wird (Kapitel 1.3). Es folgt eine Übersicht zum Status quo der bisherigen Videobeobachtungsstudien zum Zahnputzvorgang (Kapitel 1.4), sodass abschließend die Fragestellung mitsamt ihren Hypothesen abgeleitet werden kann (Kapitel 1.5).

1.2 Plaque-induzierte Parodontalerkrankungen

1.2.1. Epidemiologie, Entstehung und Entwicklung parodontaler Erkrankungen

Entzündungsbedingte Parodontalerkrankungen, allen voran die Parodontitis, stellen weltweit ein Problem für das Gesundheitswesen dar (Peres et al. 2019; Kassebaum et al. 2014). In Deutschland leidet mittlerweile mehr als jeder zweite junge Erwachsene unter einer Parodontitis und mit zunehmendem Alter ist insbesondere für die schweren Krankheitsformen eine höhere Prävalenz zu verzeichnen (Eickholz et al. 2025). Neben direkten Behandlungskosten durch die Therapie der Parodontitis und ihrer Folgen sind vor allem indirekte Kosten durch den Ausfall leistungsfähiger Arbeitskraft verantwortlich für eine große wirtschaftliche Belastung (Botelho et al. 2022).

Die Parodontitis gilt als Endstadium einer entzündlichen Erkrankung des Parodonts. Akkumuliert dentale Plaque am Gingivarand, wird im ersten Schritt eine gingivale Abwehrreaktion stimuliert, welche zunächst auf die Gingiva begrenzt bleibt und vollständig reversibel ist (Murakami et al. 2018; Loe et al. 1965). Klinisch manifestiert sich die Entzündungsreaktion, auch als Gingivitis bezeichnet, durch eine erythematöse Schwellung der Gingiva, welche mit Schmerzen und einer Blutungsneigung des Gewebes einhergeht (Chapple et al. 2018). Bleibt die Ursache der Entzündungsreaktion bestehen, kommt es zu einer Ausbreitung der Entzündung entlang der benachbarten parodontalen Strukturen, die eine irreversible Zerstörung ebendieser mit sich bringt. Klinische Anzeichen einer dann vorliegenden Parodontitis sind eine erhöhte Sondierungstiefe aufgrund des Attachmentverlusts, ein röntgenologisch sichtbarer Knochenverlust sowie Sondierungsblutungen (Papapanou et al. 2018).

Die direkten Folgen der Parodontitis ergeben sich aus der irreversiblen Zerstörung des Parodonts, welches der Verankerung des Zahnes in seiner Alveole dient. Zunächst kommt es über einen entzündlichen Abbau des kollagenen Stützgerüsts zur Ausbildung vertiefter Parodontaltaschen, die für sich wiederum als Bakterienreservoir dienen. Unbehandelt folgt die Retraktion der Gingiva. Dabei stellen freiliegende Zahnhälse sowie Wurzelfurkationen eine zusätzliche Herausforderung für die Mundhygiene dar. Parodontaltherapien zur Wiederherstellung eines bakteriellen Gleichgewichts erfordern eine hohe Patientencompliance sowie eine lebenslange zahnärztliche Kontrolle und sind folglich mit einem hohen Aufwand verbunden. Im fortgeschrittenen Stadium kommt es über die Zahnlockerung schlussendlich zum Zahnverlust. Folgen sind Funktionsverluste, welche die Sprache und Ernährung einschränken, sowie ästhetische Einbußen, welche

zu einer Minderung der Lebensqualität führen. Die resultierende psychische und soziale Belastung hat negative Auswirkungen auf sowohl das Privat-, als auch auf das Berufsleben (World Health Organization 2022).

Jedoch sind die Folgen einer Parodontitis nicht nur lokal zu verorten. Die geschädigte gingivale Barriere, die unter physiologischen Umständen den Übertritt oraler Bakterien in den Blutkreislauf verhindert, kann dieser Funktion nicht mehr nachkommen. Die Ausbreitung der Keime stimuliert eine niederschwellige systemische Entzündungsreaktion mit Einfluss auf andere Organe und Stoffwechselfunktionen (Larvin et al. 2023; Nibali et al. 2022). Am besten untersucht ist hierbei die Wechselwirkung zwischen der Parodontitis und dem Diabetes mellitus (Di Domenico et al. 2023; Nibali et al. 2022; Simpson et al. 2022), jedoch wurden auch Zusammenhänge mit anderen, z.T. chronischen, Erkrankungen beobachtet (Bobetsis et al. 2023; Herrera et al. 2023; Larvin et al. 2023; Ball und Darby 2022; Pussinen et al. 2022; Genco und Sanz 2020).

1.2.2. Zur Ursache und der Bedeutung der häuslichen Mundhygiene

Die dentale Plaque gilt als Hauptursache für die Entstehung entzündungsbedingter parodontaler Erkrankungen (Chapple et al. 2015). Dabei handelt es sich um einen polymikrobiellen Biofilm, der sich physiologisch an der Zahnoberfläche bildet und nicht per se als pathologisch zu betrachten ist. Seine Pathogenität hängt von seiner Zusammensetzung und der Interaktion der Plaquebakterien innerhalb des Biofilms ab und steigt mit zunehmendem Reifegrad (Hajishengallis und Lamont 2021). Für die Aufrechterhaltung einer nicht pathogenen Zusammensetzung des Biofilms ist die regelmäßige Entfernung ebendieses essenziell (Löe et al. 1965).

Daraus ergibt sich die Schlüsselrolle der gründlichen Plaqueentfernung zur Vermeidung entzündlicher Parodontalerkrankungen. Die einfachste und effektivste Maßnahme zur Herstellung plaquefreier Verhältnisse stellt das Zähneputzen mit einer Zahnbürste dar (Sälzer et al. 2020). Entsprechend den Empfehlungen sollte das Zähneputzen zwei Mal täglich mit einer elektrischen oder manuellen Zahnbürste erfolgen (European Federation of Periodontology 2023). Tatsächlich gibt mehr als 80 % der Bevölkerung an, sich die Zähne wie empfohlen zu putzen (Deinzer et al. 2025), was jedoch im Widerspruch zur hohen Prävalenz entzündlicher Parodontalerkrankungen steht. Es stellt sich die Frage, ob die Zahnputzfertigkeiten in der Bevölkerung zur Herstellung oraler Sauberkeit ausreichen.

1.3 Effektivität der häuslichen Mundhygiene

1.3.1. Zahnputzfertigkeiten in der Bevölkerung

Um die Zahnputzfertigkeiten zur Herstellung plaquefreier oraler Verhältnisse zu untersuchen, wurden zahnmedizinische Laien, d.h. Personen ohne zahnmedizinischen Hintergrund, gebeten, ihre Zähne nach bestem Vermögen so zu reinigen, dass die Plaque vollständig entfernt wird. Zur Kontrolle der tatsächlichen Leistung wurde nach dem Putzvorgang die noch vorhandene Plaque mithilfe eines Plaquerevelators erhoben. Der Anteil an Zahnflächen am Zahnfleischrand, die nach dem Putzen noch mit Plaque bedeckt waren, lag in mehreren voneinander unabhängigen Untersuchungen bei mehr als 50 % (Weik et al. 2023; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Deinzer et al. 2018a; Harnacke et al. 2015). Ungeachtet des Alters der Studienteilnehmenden oder der Art der verwendeten Zahnbürste konnten Defizite bei der mechanischen Plaquekontrolle beobachtet werden. Diesen Befund bestätigte jüngst auch die DMS · 6 als bevölkerungsrepräsentative Erhebung (Deinzer et al. 2025). Demnach soll nachfolgend zunächst darauf eingegangen werden, welche Aspekte ein effektives Zähneputzen auszeichnen und wie der ideale Zahnputzvorgang auf Basis zahnärztlicher Empfehlungen aussieht.

1.3.2. Der ideale Zahnputzvorgang

Der Zahnputzvorgang umfasst all jene Aspekte, welche die Reinigung der Zahnflächen mit einer Zahnbürste sowie Hilfsmitteln zur Interdentalhygiene beschreiben. Zahnärztliche Empfehlungen beziehen sich dabei größtenteils auf die Zahnputzdauer, die ausgeführten Bürstbewegungen, die Abfolge des Vorgangs sowie die zu verwendenden Hilfsmittel.

Empfohlene Dauer des Zahnputzvorgangs. Neben der Häufigkeit des Zähneputzens wird auch der Dauer des Vorgangs in zahnärztlichen Empfehlungen eine hohe Bedeutung beigemessen. Für eine Dauer bis zu 2 min wird ein positiver Zusammenhang zwischen der Zahnputzzeit und Zahnputzeffektivität angenommen. Eine längere Putzzeit bringe wenig zusätzliche Plaquereduktion (Sälzer et al. 2020). Jedoch sind in der Fachliteratur verschiedene Angaben zur idealen Zahnputzdauer zu finden und es lässt sich keine eindeutige evidenzbasierte Empfehlung schlussfolgern (Wainwright und Sheiham 2014).

Empfohlene Bürstbewegungen. Auch die Art der Bewegung der Zahnbürstenborsten entlang der Zahnoberfläche könnte einen Einfluss auf die Plaquereduktion haben. Schon lange werden verschiedene Zahnputztechniken sowie ihre Modifikationen in der Literatur beschrieben und doch wird immer seltener zur Ausführung eines konkreten Bewegungs-

musters geraten. Auch für die Überlegenheit einer Zahnputztechnik gibt es keine ausreichende Evidenz (Deinzer et al. 2024b; Sälzer et al. 2020).

Empfehlung einer Putzsystematik. Dass eine Systematik beim Zahnputzvorgang berücksichtigt werden sollte, darüber besteht Einigkeit (Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung 2023). Nicht ohne Grund versucht man bereits Kinder mithilfe der „KAI-Systematik“ früh an ein systematisches Vorgehen zu gewöhnen, um so die Vernachlässigung einzelner Zahnflächen zu vermeiden (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) 2021). Trotz des allgemeinen Konsenses fehlt jedoch auch an dieser Stelle ausreichende Evidenz zur Unterstützung dieser Annahme. Die zugrundeliegenden Untersuchungen zur Relevanz des systematischen Putzens zur Förderung eines effektiven Zahnputzvorgangs sind insgesamt inhomogen und definieren und operationalisieren das Konstrukt „Systematik“ uneinheitlich (Ebel et al. 2018; Schlueter et al. 2018; van der Sluijs et al. 2018; Harnacke et al. 2015; Schlueter et al. 2013; Sandström et al. 2011).

Da die Zahnzwischenräume mit der Zahnbürste allein nicht in ausreichendem Maße gereinigt werden können, wird die ergänzende Verwendung interdentaler Hilfsmittel empfohlen. In Deutschland gilt die Zahnseide als das meistgenutzte Hilfsmittel, gefolgt von Interdentälbürsten (Pitchika et al. 2021). Beide Hilfsmittel zeigen im Vergleich zur alleinigen Zahnreinigung mit der Zahnbürste eine geringfügige Verbesserung bei der Reduktion von Plaque und Gingivitis. Allerdings stützt sich diese Annahme auf eine schwache Evidenzlage (Worthington et al. 2019).

Schlussfolgernd lässt sich feststellen, dass auf wissenschaftlicher Basis Evidenz zur Beschreibung eines idealen Zahnputzvorgangs fehlt und es bleibt ungeklärt, welche Aspekte ein effektives Zähneputzen auszeichnen. An dieser Stelle scheint es sinnvoll, einen Schritt zurückzugehen, um das Verständnis für den Zahnputzvorgang, so wie er in der Bevölkerung durchgeführt wird, zu verbessern. Mit dem Wissen um die Defizite bei der mechanischen Plaquekontrolle ist im ersten Schritt zu klären, wie sich der Zahnputzvorgang strukturiert und welche Aspekte verantwortlich sind für die hohen Plaquewerte nach Putzen. Eine Möglichkeit zur Verbesserung des Verständnisses stellt die Beobachtung des Zahnputzvorgangs dar.

1.4 Beobachtungen zum Zahnputzvorgang

1.4.1. Merkmale des Zahnputzvorgangs

Verschiedene Arbeiten haben im Rahmen von Beobachtungsstudien mithilfe der Videobeobachtung den Zahnputzvorgang analysiert. Dieser Abschnitt dient der Übersicht über die wichtigsten Erkenntnisse, soweit diese mithilfe der Videobeobachtung zu erfassen waren. Die Beobachtungen beziehen sich auf die Dauer des Zahnputzvorgangs, die Verteilung dieser Dauer auf die einzelnen Flächen, die durchgeführten Bürstbewegungen sowie die Interdentalhygiene.

Dauer des Zahnputzvorgangs. Die Erkenntnisse zur Beobachtung der Zahnputzdauer basieren auf unterschiedlichen Definitionen der Dauer. Während einzelne Untersuchungen die Gesamtdauer des Zähneputzens berichteten (Martignon et al. 2012; Sandström et al. 2011), lag der Fokus anderer Untersuchungen auf der reinen Kontaktzeit der Zahnbürstenborsten mit der Zahnoberfläche (Weik et al. 2023; Deinzer et al. 2021; Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2019; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a). Bei Erwachsenen, die ihre Zähne nach bestem Vermögen putzten, überstieg die durchschnittliche Zahnkontaktzeit (ZKZ) mit mehr als 3 min deutlich die der zahnärztlichen Empfehlungen (Weik et al. 2023; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a). Selbst bei Personen, welche angewiesen wurden, sich die Zähne „wie gewöhnlich“ zu putzen, konnte eine durchschnittliche ZKZ von mehr als 2,5 min beobachtet werden, welche damit immer noch dem oberen Bereich der empfohlenen Zahnputzdauer entspricht (Weik et al. 2023; Deinzer et al. 2018a). Vergleichend dazu scheint die Putzinstruktion bei Kindern einen größeren Einfluss auf die Zahnputzdauer zu haben. Während auch diese beim bestmöglichen Putzen eine ZKZ von mehr als 3 min erreichten (Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2019), betrug die Gesamtputzzeit bei der Anweisung „wie gewöhnlich“ in der Regel nur 1-2 min (Martignon et al. 2012; Sandström et al. 2011).

Verteilung der Dauer auf die Flächen. Unabhängig von der Putzinstruktion erfolgte die Verteilung der Zahnputzdauer zugunsten der Vestibulär- und Okklusalfächen, während die Oralflächen teilweise oder sogar vollständig vernachlässigt wurden. Insgesamt putzten weniger als 25 % der Untersuchten diese ausreichend lang (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2018a). Der Vergleich des Zahnputzvorgangs unter beiden Putzinstruktionen („so gut wie möglich“ vs. „wie gewöhnlich“) zeigte, dass trotz längerer ZKZ in der „so gut wie möglich“ Gruppe kein relevanter Unterschied in der Verteilung dieser zusätzlichen Zeit auf die Flächen erfolgte. Vestibulärflächen, die bereits lange geputzt

wurden, wurden noch länger geputzt, wohingegen Oralflächen weiterhin vernachlässigt wurden (Weik et al. 2023; Deinzer et al. 2018a).

Bewegungen auf den Flächen. An den Vestibulärflächen wurden beim Putzen mit der manuellen Bürste ungeachtet der Putzinstruktion mehrheitlich kreisende, gefolgt von horizontalen Bewegungen beobachtet. Vertikale Bewegungen waren deutlich seltener zu finden (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021). In jüngeren Altersgruppen dominierten Horizontalbewegungen (Eidenhardt et al. 2021). Die Oralflächen wurden nahezu ausschließlich mit Horizontal- und Vertikalbewegungen geputzt (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Eidenhardt et al. 2021). Nur in wenigen Studien wurde die Anwendung der modifizierten Bass Technik berichtet. Der Anteil der Personen lag dabei in der Regel unter 5 % (Petker-Jung et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Deinzer et al. 2018a; Harnacke et al. 2015; Ganss et al. 2009). Obwohl der bewegliche Bürstenkopf einer elektrischen Zahnbürste die manuellen Putzbewegungen übernimmt, konnten zum Teil auch bei elektrisch Putzenden typische manuelle Bürstbewegungen beobachtet werden (Petker-Jung et al. 2022; Ganss et al. 2018).

Interdentalhygiene. Unabhängig von der Putzinstruktion variierte der Anteil an Personen, welcher in bisherigen Beobachtungsstudien Interdentalhygiene durchführte, stark und lag zwischen 15 % und 67 % (Weik et al. 2023; Eidenhardt et al. 2021; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Winterfeld et al. 2015). Eine weiterführende Auswertung der Interdentalhygiene erfolgte nur bei Weik et al. (2023) und Winterfeld et al. (2015). In beiden Untersuchungen erreichten nur vereinzelte Studienteilnehmende alle Zahnzwischenräume unter korrekter Anwendung der Hilfsmittel. In den anderen Arbeiten wurde aufgrund einer mehrheitlich unvollständigen Reinigung auf weitere Auswertungen verzichtet (Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a).

1.4.2. Zusammenhang zwischen Merkmalen des Zahnputzvorgangs und der erreichten Plaquefreiheit

Nur wenige Studien haben die verschiedenen Verhaltensaspekte des Zahnputzvorgangs beobachtet und diese mit der erreichten Plaquefreiheit nach Putzen in Beziehung gesetzt. Dieser Abschnitt widmet sich den wichtigsten Erkenntnissen zu diesen Zusammenhängen.

Dauer des Zahnputzvorgangs. Ein Zusammenhang zwischen der beobachteten (und nicht nur selbstberichteten) Zahnputzdauer und der Effektivität des Zahnputzvorgangs ließ sich nicht eindeutig feststellen. Während sowohl Petker-Jung et al. (2022) für die

ZKZ bei Studienteilnehmenden mit einer elektrischen Zahnbürste als auch Sandström et al. (2011) für die Gesamtdauer des Zahnputzvorgangs mit einer manuellen Bürste einen positiven Zusammenhang zur Plaquefreiheit nach Putzen fanden, konnte dieser in anderen Untersuchungen nicht bestätigt werden (Weik et al. 2023; Ebel et al. 2018; Harnacke et al. 2015). Erklären lässt sich dieser Umstand mit Blick auf die ähnlich langen Zahnputzdauern in den zuletzt genannten Stichproben, die in der Regel 2 min deutlich überstiegen. Durch eine zu geringe Variabilität der Putzzeiten waren vorhandene Zusammenhänge möglicherweise nicht sichtbar. Des Weiteren legen andere Analysen nahe, dass die Zahnputzdauer einen endlichen Einfluss auf die Plaquereduktion hat und ab einem bestimmten Punkt eine einfache Verlängerung der Dauer ohne Veränderung anderer Aspekte zu keiner relevanten Steigerung der Plaquereduktion führt (Rosema et al. 2016).

Verteilung der Dauer auf die Flächen. Sowohl für manuelles als auch für elektrisches Putzen ließ sich ein positiver Zusammenhang zwischen einem hohen Anteil an Sextanten, die ausreichend lange geputzt wurden, und der erreichten Plaquefreiheit nach Putzen beobachten (Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022). Ferner erwies sich für manuelles Putzen die Gleichmäßigkeit der Verteilung der ZKZ auf die Zahnflächen als positiv prädiktiv (Ebel et al. 2018; Harnacke et al. 2015).

Bewegungen auf den Flächen. Die Erkenntnisse zum Einfluss der Bürstbewegungen beziehen sich auf manuelles Putzen, da nur hierbei entsprechende Bewegungen empfohlen sind. Es konnte beobachtet werden, dass ein hohes Ausmaß kreisender Bewegungen positiv prädiktiv für Plaquefreiheit nach Putzen ist (Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Ebel et al. 2018; Harnacke et al. 2016; Harnacke et al. 2015). Kontroverse Ergebnisse zeigten sich bezüglich vertikaler Bewegungen. Während Ebel et al. (2018) über einen positiven Zusammenhang zur Plaquefreiheit berichteten, fanden Petker-Jung et al. (2022) einen negativen Zusammenhang für Vestibulärflächen.

Interdentalhygiene. In bisherigen Videobeobachtungsstudien konnte kein Zusammenhang zwischen der Durchführung von Interdentalhygiene und Plaquefreiheit nach Putzen festgestellt werden. Es ist jedoch anzumerken, dass in den zugrundeliegenden Untersuchungen die Interdenträume häufig entweder unvollständig oder unter Anwendung einer inadäquaten Technik gereinigt wurden (Weik et al. 2023; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Winterfeld et al. 2015). In systematischen Übersichtsarbeiten zeigte sich im direkten Vergleich der verschiedenen Hilfsmittel, dass Interdentalbürsten eine geringfügig höhere Reduktion der Plaque bewirken. Der zusätzliche Nutzen von Zahnseide wird hingegen diskutiert (Slot et al. 2020; Worthington

et al. 2019). Mehrere Arbeiten weisen darauf hin, dass die Effektivität von Zahnseide stark techniksensitiv ist und bei unsachgemäßer Anwendung keine relevante Plaque-reduktion zu erwarten ist (Kocher et al. 2024; van der Weijden und van Loveren 2023; Slot et al. 2020).

Resümierend betrachtet ergibt sich insbesondere für eine ausreichende Berücksichtigung aller Zahnflächen sowie für einen hohen Anteil kreisender Bürstbewegungen ein positiver Zusammenhang zur Plaquefreiheit nach Putzen. Der Einfluss vertikaler Bürstbewegungen bleibt ungeklärt, ebenso wie die Frage nach der Zahnputzdauer, zumindest dann, wenn diese mehr als 2 min beträgt. Bei der Reinigung der Zahnzwischenräume scheinen Interdentalbürsten der Zahnseide überlegen zu sein.

1.4.3. Methodische Probleme bisheriger Untersuchungen

Die Methode der Beobachtung ermöglicht die Verbesserung des Verständnisses für das Zähneputzen in der Bevölkerung und liefert darüber hinaus Anhaltspunkte zur Beantwortung der Frage, welche Aspekte die Effektivität des Zahnputzvorgangs fördern könnten. Dennoch weisen bisherige Untersuchungen Limitationen auf, welche im Nachfolgenden ausgeführt werden sollen.

Ein Großteil der jüngeren publizierten Studien ist an einem Studienstandort durchgeführt worden. Entsprechende Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen lassen sich demnach nicht auf andere Regionen anwenden. Darüber hinaus handelt es sich bei den untersuchten Studienpopulationen um Ad-Hoc Stichproben, die damit keine repräsentative Darstellung der Bevölkerung abbilden. Damit kommt es zu einer Einschränkung der externen Validität, die bei der Interpretation der Daten berücksichtigt werden muss.

Ein weiterer Punkt ergibt sich im Hinblick auf die erreichte Plaquefreiheit nach Putzen. In fast allen Studien waren auch nach dem Putzen im Durchschnitt mehr als 50 % der Gingivarandsegmente plaquebesiedelt und die Zahnputzfertigkeiten innerhalb der untersuchten Stichproben ähnlich schlecht. Nur weniger als 1 % der beobachteten Personen zeigten eine hohe Zahnputzeffektivität mit weniger als 30 % plaquebesiedelter Segmente nach Putzen (Prof. Deinzer, persönliche Kommunikation). Bisherige Untersuchungen haben folglich nur auf der Datenbasis von Studienteilnehmenden mit geringer Zahnputzeffektivität versucht Aspekte zu erfassen, welche mit der Ausprägung der Zahnputzeffektivität assoziiert sind. Daraus geht jedoch nicht hervor, was einen effektiven Zahnputzvorgang kennzeichnet und was diesen vom weniger effektiven Putzen unterscheidet.

Für diesen Vergleich bedarf es Stichproben, die eine ausreichende Anzahl an Personen mit einer hohen Zahnputzeffektivität einschließen. Dass diese in der Bevölkerung zu finden sind, zeigte eine Untersuchung von Deinzer et al. (2018b) an Personen mit zahnmedizinischem Hintergrund (Studierende der Zahnmedizin, Lehrpersonal an zahnmedizinischen Universitätskliniken, zahnmedizinische Fachassistentinnen). Der Großteil dieser Untersuchten konnte den Anteil an Gingivasegmenten, an denen nach dem Putzen noch Plaque zu finden war, auf weniger als 11 % reduzieren. Dabei stand die selbstberichtete Zahnputztechnik in keinem Zusammenhang zur erreichten Sauberkeit. Videodaten zum Zahnputzverhalten liegen aus dieser Studie nicht vor. Entsprechend liefert diese Studie wenig Anhaltspunkte zur Beantwortung der Frage, welche Aspekte dafür verantwortlich waren, dass in dieser Gruppe die Zahnputzvorgänge so viel effektiver waren.

Damit ist bis heute die Frage, was einen effektiven von einem wenig effektiven Zahnputzvorgang unterscheidet, unbeantwortet. Um dieser Frage nachzugehen, könnte man zahnärztliches Personal beim Zähneputzen beobachten und die so gewonnenen Daten mit denen aus anderen Bevölkerungsstichproben vergleichen. Gegen diesen Ansatz spricht allerdings die hohe Selektivität und damit geringe Repräsentativität der zahnärztlichen Stichprobe. Ein anderer Ansatz könnte darin bestehen, in einer ausreichend großen Bevölkerungsstichprobe solche Personen zu identifizieren, die sich durch eine besonders hohe Zahnputzeffektivität auszeichnen und diese solchen gegenüberzustellen, die weniger effektiv putzen. Ebendiesen Ansatz verfolgt die vorliegende Arbeit.

1.5 Fragestellung und Hypothesen

Entzündungsbedingte Parodontalerkrankungen stellen ein weltweites gesundheitliches sowie gesundheitspolitisches Problem dar. Die Plaqueakkumulation am Zahnfleischrand als Hauptursache ist vollständig vermeidbar, jedoch herrschen in der Bevölkerung Defizite bei der mechanischen Plaquekontrolle. Da hinreichende Evidenz zur Unterstützung zahnärztlicher Empfehlungen zum Zahnputzvorgang fehlt, wurde versucht mithilfe von Beobachtungsstudien ein grundlegendes Verständnis für den Zahnputzvorgang zu etablieren. Dabei zeigte sich für Aspekte wie eine lange Zahnputzdauer, ein ausreichend langes Putzen aller Zahnflächen sowie ein hoher Anteil kreisender Bürstbewegungen eine positive Assoziation zur Plaquefreiheit nach Putzen. Andere Aspekte schienen in keinem Zusammenhang zum effektiven Zahnputzvorgang zu stehen oder Zusammenhänge blieben aufgrund von Limitation der Untersuchungen unentdeckt. So war es bislang nicht möglich, ausreichend viele Personen mit niedrigen

Plaquewerten nach Putzen zu beobachten. Die Überwindung dieses Problems stellt das Anliegen der vorliegenden Arbeit dar.

Das Ziel dieser Studie ist die Untersuchung des Zahnputzvorgangs von Personen mit einer hohen Zahnputzeffektivität und dessen Gegenüberstellung mit dem Zahnputzvorgang von Personen, welche eine niedrige Effektivität aufweisen. Der Vergleich dient der Beantwortung der folgenden Fragestellungen:

Unterscheidet sich der Zahnputzvorgang von Personen mit den niedrigsten Plaquewerten von denjenigen mit den höchsten Plaquewerten nach Putzen?

Hinsichtlich welcher Verhaltensaspekte unterscheiden sich beide Gruppen?

Dieses Projekt wurde in Kooperation mit dem Institut für Deutsche Zahnärzte (IDZ) geplant, welches im Rahmen der Deutschen Mundgesundheitsstudien in regelmäßigen Abständen die Mundgesundheitsituation der deutschen Bevölkerung erfasst. Von Oktober 2022 bis September 2023 erfolgte dafür im Zuge der DMS · 6 die Untersuchung einer bundesrepräsentativen Stichprobe, die insgesamt 3.400 Studienteilnehmende in 90 Stichprobengemeinden umfasste. Neben einer zahnmedizinischen Untersuchung sowie einer sozialwissenschaftlichen Befragung wurden die Teilnehmenden gebeten, sich ihre Zähne nach bestem Vermögen zu putzen und dieser Zahnputzvorgang videoaufgezeichnet. Danach wurde die verbleibende Plaque mithilfe des modifizierten Marginalen Plaque Index (mMPI) (Weik et al. 2024) als Indikator für die Zahnputzeffektivität erfasst. Die Auswertung und Gegenüberstellung der Videoaufnahmen der Personen mit den niedrigsten vs. höchsten Plaquewerten nach Putzen bildet die Grundlage der vorliegenden Arbeit.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Erkenntnisse aus vorangehenden Beobachtungsstudien ergeben sich für diese Arbeit die folgenden Hypothesen zum Zahnputzvorgang:

Hypothese 1: Zahnkontaktzeit (ZKZ)

Hintergrund

Es wird ein positiver Zusammenhang zwischen der Zahnputzzeit und der Zahnputzeffektivität angenommen (Sälzer et al. 2020). Beobachtungsstudien, welche ebendiese Beziehung zwischen der Dauer des Zahnputzvorgangs und der anschließend erreichten Plaquefreiheit untersuchten, zeigten unterschiedliche Ergebnisse. Während sich bei Petker-Jung et al. (2022) und Sandström et al. (2011) eine längere Zahnputzdauer als positiver Prädiktor darstellte, fanden andere Studien keinen Zusammenhang zwischen beiden Größen (Weik et al. 2023; Ebel et al. 2018; Harnacke et al. 2015). Beim Blick auf

die zugrundeliegenden Stichproben dieser Untersuchungen zeigen sich insgesamt lange Zahnputzzeiten unter den Studienteilnehmenden, sodass die eingeschränkte Varianz einen bestehenden Zusammenhang maskiert haben könnte. Für die vorliegende Untersuchung, die zwei Extremgruppen kontrastiert, wird ein solcher Zusammenhang erwartet.

Operationale Hypothese

Die ZKZ der Personen mit den niedrigsten mMPI-Werten nach Putzen ist höher als die der Personen mit den höchsten mMPI-Werten nach Putzen.

Statistisches Hypothesenpaar

$$H_0: \mu(\text{ZKZ})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\text{ZKZ})_{\uparrow \text{mMPI}} \leq 0$$

$$H_1: \mu(\text{ZKZ})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\text{ZKZ})_{\uparrow \text{mMPI}} > 0$$

Hypothese 2: Anteil Oral an ZKZ

Hintergrund

Bei der Beobachtung des Zahnputzvorgangs fiel in bisherigen Studien eine teilweise oder vollständige Vernachlässigung der Oralflächen auf (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2019; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Martignon et al. 2012). Beim Blick auf die Verteilung der Plaque auf den Zahnflächen verwundert es daher nicht, dass an den Oralflächen durchschnittlich mehr Plaque nach dem Putzen persistierte als an den Vestibulärflächen (Weik et al. 2023; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Harnacke et al. 2015). Es ist naheliegend, dass Personen, die ihre Oralflächen während des Zahnputzvorgangs nicht vernachlässigen, eine höhere Plaquefreiheit nach Putzen und damit eine höhere Zahnputzeffektivität erreichen.

Operationale Hypothese

Der Anteil der ZKZ an den Oralflächen, bezogen auf die gesamte ZKZ, ist bei den Personen mit den niedrigsten mMPI-Werten nach Putzen höher als bei den Personen mit den höchsten mMPI-Werten nach Putzen.

Statistisches Hypothesenpaar

$$H_0: \mu(\% \text{ Oral an ZKZ})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Oral an ZKZ})_{\uparrow \text{mMPI}} \leq 0$$

$$H_1: \mu(\% \text{ Oral an ZKZ})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Oral an ZKZ})_{\uparrow \text{mMPI}} > 0$$

Hypothese 3: QIT-S Oral

Hintergrund

Der Quality index of toothbrushing regarding brushing time in sextants (QIT-S) ist ein ordinalskaliertes Maß zur Beurteilung der Anzahl an Sextanten, deren Flächen mit einer ausreichend langen Zahnputzdauer von 7,5 s geputzt worden sind. Dabei werden die Vestibulär- und Oralflächen der Sextanten separat betrachtet. Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von 0 (vollständige Vernachlässigung aller Flächen) bis 9 (alle Sextanten wurden ausreichend lange geputzt). Eine weitere Ausführung des Index findet sich bei Deinzer et al. (2018a) sowie im Kapitel 2.4.2.

In bisherigen Untersuchungen zur Verteilung der Zahnputzdauer auf die einzelnen Zahnflächen konnte beobachtet werden, dass nur wenige Personen eine ausreichend lange Zeit für das Putzen aller oralen Sextanten aufbrachten (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2018a). In einer Studie zeigte sich ein positiver Zusammenhang des oralen QIT-S-Werts zur Plaquefreiheit nach Putzen an ebendiesen Flächen (Petker-Jung et al. 2022). Zur Feststellung eines positiven Zusammenhangs in den anderen Untersuchungen mangelte es in den zugrundeliegenden Stichproben an Varianz in diesem Parameter.

Operationale Hypothese

Der QIT-S Oral ist bei den Personen mit den niedrigsten mMPI-Werten nach Putzen höher als bei den Personen mit den höchsten mMPI-Werten nach Putzen.

Statistisches Hypothesenpaar

H0: Mittlerer Rang(QIT-S Oral)_{↓mMPI} - Mittlerer Rang(QIT-S Oral)_{↑mMPI} ≤ 0

H1: Mittlerer Rang(QIT-S Oral)_{↓mMPI} - Mittlerer Rang(QIT-S Oral)_{↑mMPI} > 0

Hypothese 4: QIT-S Vestibulär

Hintergrund

Im Vergleich zu den Oralflächen werden die Vestibulärflächen nahezu nie vernachlässigt und es wurde mehrheitlich eine ausreichend lange Putzzeit dieser Sextanten erreicht (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Eidenhardt et al. 2021). In einigen Untersuchungen zum QIT-S Vestibulär erwies sich dieser Parameter als positiv prädiktiv für Plaquefreiheit nach Putzen (Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022).

Operationale Hypothese

Der QIT-S Vestibulär ist bei den Personen mit den niedrigsten mMPI-Werten nach Putzen höher als bei den Personen mit den höchsten mMPI-Werten nach Putzen.

Statistisches Hypothesenpaar

H0: Mittlerer Rang(QIT-S Vestibulär)_{↓mMPI} - Mittlerer Rang(QIT-S Vestibulär)_{↑mMPI} ≤ 0

H1: Mittlerer Rang(QIT-S Vestibulär)_{↓mMPI} - Mittlerer Rang(QIT-S Vestibulär)_{↑mMPI} > 0

Hypothese 5: Anteil kreisender Bewegungen an Vestibulär*Hintergrund*

In verschiedenen Untersuchungen zum Einfluss der ausgeführten Bürstbewegungen auf die Effektivität des Zahnputzvorgangs zeigte sich ein größerer Anteil kreisender Bewegungen an den lateralen Zahnflächen als prädiktiv für Plaquefreiheit nach Putzen (Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Ebel et al. 2018; Harnacke et al. 2016; Harnacke et al. 2015). Da kreisende Bewegungen an den Oralflächen seltener empfohlen werden und zudem nahezu nie beobachtet wurden (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Eidenhardt et al. 2021), soll hier nur die Betrachtung der Bewegungen an den Vestibulärflächen erfolgen.

Operationale Hypothese

Der Anteil kreisender Bewegungen an den Vestibulärflächen ist bei den Personen mit den niedrigsten mMPI-Werten nach Putzen höher als bei den Personen mit den höchsten mMPI-Werten nach Putzen.

Statistisches Hypothesenpaar

H0: $\mu(\% \text{ Kreisend an Vestibulär})_{\downarrow mMPI} - \mu(\% \text{ Kreisend an Vestibulär})_{\uparrow mMPI} \leq 0$

H1: $\mu(\% \text{ Kreisend an Vestibulär})_{\downarrow mMPI} - \mu(\% \text{ Kreisend an Vestibulär})_{\uparrow mMPI} > 0$

Hypothese 6: Anteil elaborierter Bewegungen an Lateral*Hintergrund*

Während sich für kreisende Bewegungen ein positiver Zusammenhang zur Effektivität des Zahnputzvorgangs beobachten lässt (Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Ebel et al. 2018; Harnacke et al. 2016; Harnacke et al. 2015), liegen für vertikale Bürstbewegungen kontroverse Ergebnisse vor (Petker-Jung et al. 2022; Ebel et al. 2018). Für horizontal-schubbende Bewegungen wird angenommen, dass diese bei exzessiver

Ausführung sowohl Weich- als auch Hartgewebsdefekte verursachen und daher für die Reinigung der Lateralflächen nicht geeignet sind (Goodacre et al. 2023; Heasman et al. 2015). Im Vergleich zu den anderen Bürstbewegungen stellen sie jedoch eine einfache Bewegungsform dar, was vermutlich die Ursache für ihr breites Vorkommen ist (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2018a). Es ergibt sich die Vermutung, dass die Durchführung elaborierter Bürstbewegungen (statt horizontal-schubbender Bewegungen) ein ausgeprägteres Gesundheitsbewusstsein sowie ein grundlegendes Verständnis für den Zahnputzvorgang widerspiegeln und damit indirekt prädiktiv für eine höhere Zahnputzeffektivität und eine größere Plaquefreiheit nach Putzen sind.

Operationale Hypothese

Der Anteil elaborierter Bewegungen an den Lateralflächen ist bei den Personen mit den niedrigsten mMPI-Werten nach Putzen höher als bei den Personen mit den höchsten mMPI-Werten nach Putzen.

Statistisches Hypothesenpaar

H0: $\mu(\% \text{ Elaboriert an Lateral})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Elaboriert an Lateral})_{\uparrow \text{mMPI}} \leq 0$

H1: $\mu(\% \text{ Elaboriert an Lateral})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Elaboriert an Lateral})_{\uparrow \text{mMPI}} > 0$

Hypothese 7: Interdentalhygiene (Durchführung ja/nein)

Hintergrund

Da bei alleiniger Verwendung der Zahnbürste die approximalen Zahnflächen nicht in ausreichendem Maße erreicht werden, wird für eine effektive Mundhygiene die ergänzende Anwendung interdentaler Hilfsmittel empfohlen. Übersichtsarbeiten deuten darauf hin, dass die zusätzliche Nutzung solcher Hilfsmittel im Vergleich zur alleinigen Zahnreinigung mit der Zahnbürste zu einer verbesserten Plaquereduktion führen kann (Slot et al. 2020; Worthington et al. 2019). Darüber hinaus erscheint es plausibel, dass Personen, die um die Bedeutung der Interdentalhygiene wissen und diese konsequent umsetzen, ein gesteigertes Gesundheitsbewusstsein aufweisen, welches indirekt prädiktiv für eine effektivere Zahnreinigung sein könnte (Weik et al. 2023; Eidenhardt et al. 2021; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Winterfeld et al. 2015).

Operationale Hypothese

Mehr Personen mit den niedrigsten mMPI-Werten nach Putzen führen Interdentalhygiene durch als Personen mit den höchsten mMPI-Werten nach Putzen.

Statistisches Hypothesenpaar

$$H_0: p(\text{Durchführung} = \text{ja})_{\downarrow \text{mMPI}} - p(\text{Durchführung} = \text{ja})_{\uparrow \text{mMPI}} \leq 0$$

$$H_1: p(\text{Durchführung} = \text{ja})_{\downarrow \text{mMPI}} - p(\text{Durchführung} = \text{ja})_{\uparrow \text{mMPI}} > 0$$

Hypothese 8: Interdentalhygiene (Korrektheit der Durchführung)*Hintergrund*

Beobachtungen des Zahnputzverhaltens zeigten, dass insgesamt nur wenige Personen Zahnseide und ihre Variationen (Zahnseidesticks, Superfloss) in einer adäquaten Weise anwenden (Weik et al. 2023; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Winterfeld et al. 2015). Da bei inadäquater Anwendung eine verminderte Reinigungsleistung angenommen wird (van der Weijden und van Loveren 2023), bedarf es für eine zusätzliche Plaquerreduktion an approximalen Zahnflächen einer korrekten Durchführung, d.h. der vollständige Berücksichtigung aller Interdentalräume sowie der Anwendung einer adäquaten Technik.

Operationale Hypothese

Mehr Personen mit den niedrigsten mMPI-Werten nach Putzen verwenden Zahnseide vollständig und mit einer adäquaten Technik als Personen mit den höchsten mMPI-Werten nach Putzen.

Statistisches Hypothesenpaar

$$H_0: p(\text{korrekte Durchführung})_{\downarrow \text{mMPI}} - p(\text{korrekte Durchführung})_{\uparrow \text{mMPI}} \leq 0$$

$$H_1: p(\text{korrekte Durchführung})_{\downarrow \text{mMPI}} - p(\text{korrekte Durchführung})_{\uparrow \text{mMPI}} > 0.$$

2 Methode

2.1 Ethik und Datenschutz

Die erhobenen Daten basieren auf der DMS · 6. Die Durchführung der Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Witten/Herdecke geprüft und ohne ethische und rechtliche Bedenken genehmigt. Die Datenerhebung im Feld erfolgte durch das Feldinstitut Cerner Enviza (jetzt: Oracle Life Science) im Auftrag des IDZ, welches die Untersuchung gemeinsam mit einem Beirat an Expertinnen und Experten, dem auch die Betreuerin dieser Dissertation angehört, konzipiert hat. Mit der Einladung zur Untersuchung erfolgte eine schriftliche Aufklärung über die Auftraggebenden, Ziele und Inhalt der Studie, datenschutzrechtliche Aspekte und die Freiwilligkeit der Teilnahme an der Untersuchung sowie an den Zahnputzaufnahmen. Die Eingeladenen erklärten ihr Einverständnis zur Datenerhebung und Speicherung schriftlich. Das Datenschutzblatt und die Einwilligungserklärung finden sich in Anhang A und Anhang B. Personenbezogene Daten wurden pseudonymisiert mithilfe einer Identifikationsnummer erfasst.

2.2 Sechste Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS · 6)

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen der DMS · 6. Dort wurden - erstmals in einer der Deutschen Mundgesundheitsstudien - die Teilnehmenden beim Zähneputzen gefilmt und unmittelbar danach die Zahnputzeffektivität in Form einer Erhebung der Restplaque auf den Zähnen erfasst. Dies erfolgte, um in einer späteren Analyse das beobachtete Zahnputzverhalten zur Effektivität in Bezug setzen zu können. In diesem Kapitel liegt das Hauptaugenmerk auf der DMS · 6 und es sollen zunächst die Studienpopulation sowie der Ablauf der Feldphase beschrieben werden.

Aufgrund der inhaltlichen Überschneidung mit weiteren Veröffentlichungen, welche sich auf die DMS · 6 beziehen, lassen sich Ähnlichkeiten in den Formulierungen nicht vollständig vermeiden. Dieser Abschnitt dient der Gesamtübersicht über die vorliegende Untersuchung, jedoch war die Autorin selbst nicht an der Feldphase der DMS · 6 beteiligt. Ihre Untersuchungsanteile sind ab Kapitel 2.3 dargestellt.

2.2.1. Stichprobe

2.2.1.1. Auswahl der Studienteilnehmenden

Das Ziel war der Erhalt repräsentativer Daten zur Mundgesundheit und zum Mundgesundheitsverhalten aus mehreren Alterskohorten von in der Bundesrepublik Deutschland wohnhaften Personen. Die Stichprobe setzte sich aus zwei Gruppen zusammen: einer Querschnittsstichprobe, deren Teilnehmenden neu rekrutiert wurden sowie einer Längsschnittstichprobe mit Teilnehmenden, die bereits in der Fünften Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS V) untersucht worden waren. In diese Arbeit gehen Daten aus den Alterskohorten der Querschnittsstichprobe (12-Jährige, 35- bis 44-Jährige und 65- bis 74-Jährige) sowie einer Alterskohorte der Längsschnittstichprobe (20-Jährige) ein.

Details zum Studiendesign der DMS · 6 sowie zu den Charakteristika der Studienteilnehmenden sind bei Jordan et al. (2025) beschrieben. An dieser Stelle sollen nur die wichtigsten methodischen Aspekte noch einmal aufgegriffen werden.

Für eine möglichst verzerrungsfreie Darstellung der Bevölkerung erfolgte eine zweistufige Stichprobenziehung anhand einer disproportional geschichteten Zufallsstichprobe. Im ersten Schritt wurden 90 Stichprobengemeinden, stratifiziert nach regionalen Merkmalen (Bundesland, Regierungsbezirk, Kreis) sowie dem BIK-Gemeindetyp, ausgewählt. Aus forschungsökonomischen Gründen entsprach diese Flächenstichprobe derjenigen der DMS V. Anschließend erfolgte die zufällige Ziehung einer Personenstichprobe. Grundlage dafür waren die Personenregister der Einwohnermeldeämter aus den ausgewählten Stichprobengemeinden. Unter Berücksichtigung der Response-Rate sowie weiterer Drop-outs im Studienverlauf wurden bereits zu Beginn kompensatorisch mehr Zielpersonen eingeladen. Für eine Teilnahme an der Studie mussten Zielpersonen über hinreichende Deutschkenntnisse verfügen und es musste eine schriftliche Einverständniserklärung der Zielperson bzw. der gesetzlichen Vertretung vorliegen. Die Alterskohorte der 20-Jährigen musste außerdem bereits an der DMS V teilgenommen haben.

2.2.1.2. Rekrutierung

Drei bis vier Wochen vor Feldbeginn wurden die Zielpersonen bzw. die gesetzlichen Vertretungen erstmalig kontaktiert und sie erhielten eine Einladungsschreibung mit einem Terminvorschlag für ihren Besuch im Studienzentrum. Konnten Personen aufgrund von Mobilitätseinschränkungen nicht im Studienzentrum erscheinen, gab es die Möglichkeit eines Hausbesuchs bzw. eines Besuchs in der Pflegeeinrichtung durch das

Untersuchungsteam. Sofern sich Zielpersonen bis ca. zehn Tage nach Erhalt des Einladungsschreibens nicht zurückmeldeten, folgte ein Erinnerungsschreiben. Bei Rückmeldung erhielten sie eine Terminbestätigung sowie die Einwilligungserklärung, das Datenschutzblatt und einen schriftlichen Fragebogen, den sie bereits ausgefüllt zum Termin mitbringen konnten. Ab einer Woche vor Untersuchungsbeginn am Studienstandort wurden Versuche unternommen Zielpersonen, von denen bis dato keine Rückmeldung vorlag, persönlich zu kontaktieren und zur Teilnahme zu motivieren. Soweit sich eine Studienteilnahme innerhalb des regulären Untersuchungszeitraums nicht ergeben hatte, konnten Zielpersonen im Rahmen einer Nacharbeitsphase im Anschluss an die reguläre Feldphase untersucht werden.

2.2.2 Untersuchung

Vor Beginn der Feldphase wurden alle an der Untersuchung beteiligten Personen auf Basis eines eigens für die DMS · 6 entwickelten Operationshandbuchs geschult und die Zahnärztinnen und Zahnärzte für die Erhebung der klinischen Parameter kalibriert. Die Kalibrierung für die Plaquemessung erfolgte anhand von Fotos, welche durch die Untersuchenden sowie einem Experten beurteilt wurden. Zur Prüfung der Übereinstimmung wurde Cohens Kappa berechnet und zum Bestehen der Reliabilitätsprüfung a priori ein Grenzwert von $\kappa = 0,6$ festgelegt. Da die Interrater-Variabilität zwischen den Untersuchenden und dem Experten zwischen $\kappa = 0,474$ - $\kappa = 0,705$ lag, erfolgte eine Nachschulung der Untersuchenden. Details zum Ablauf der Schulung und Kalibrierung finden sich bei Ohm et al. (2025). Die 90 Standorte wurden parallel durch fünf Teams untersucht (Interviewende, Zahnarzt/Zahnärztin und Kontaktperson), wobei ein Team die Tätigkeit frühzeitig beendete. Zur Sicherung einer hohen Datenqualität wurden zusätzlich begleitende qualitätssichernde Maßnahmen durchgeführt. So sollte durch quartalsweise Besuche der Untersuchungsteams durch die Studienleitung ein vergleichbares Vorgehen bei den Untersuchungen zwischen den Studienstandorten gewährleistet werden. Ferner erfolgten regelmäßige Zwischenauswertungen der bereits erhobenen Daten zur Identifikation unplausibler oder statistisch auffälliger Abweichungen. Der Untersuchungszeitraum je Standort betrug sechs Tage. Vor Ort wurden zur Verfügung stehende Räumlichkeiten angemietet, welche geeignete Untersuchungsverhältnisse aufwiesen und ausreichend Platz für das Equipment boten. Zu Beginn der Woche wurden die Räumlichkeiten durch die Untersuchungsteams eingerichtet.

Der Untersuchungsablauf folgte einem standardisierten Schema: Am Tag der Untersuchung wurden die Teilnehmenden und ggf. deren Begleitpersonen durch die

Interviewenden begrüßt, der Ablauf der Untersuchung vorgestellt und anschließend die Unterschrift der Einwilligungserklärung und die Vollständigkeit des schriftlichen Fragebogens geprüft (s. Kapitel 2.2.3.1). Die Untersuchung vor Ort begann mit einer sozialwissenschaftlichen Befragung durch die Interviewenden (s. Kapitel 2.2.3.2). Anschließend putzten die Teilnehmenden ihre Zähne und wurden hierbei gefilmt (s. Kapitel 2.2.4), bevor dann die zahnmedizinische Untersuchung folgte (s. Kapitel 2.2.5). Die Dauer der Untersuchung belief sich auf ca. 45 Minuten und zum Abschluss wurde eine Aufwandsentschädigung über 20 € an die Teilnehmenden ausgezahlt.

2.2.3 Sozialwissenschaftliche Parameter

2.2.3.1 Paper and Pencil Interview (PAPI)

Mit der Einladung zur Studie erhielten die Teilnehmenden vorab einen schriftlichen Fragebogen, den sie ausgefüllt zum Untersuchungstermin mitbringen sollten. Dieser umfasste Fragen zur Demographie (Alter, Geschlecht), zur Migrationserfahrung (Migrationshintergrund) (Kajikhina et al. 2023) sowie zum sozioökonomischen Status (CASMIN) (Robert Koch-Institut 2018) der Zielpersonen bzw. der Eltern bei minderjährigen Personen. Weitere Themenbereiche waren der Zuckerkonsum, die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität, die Zahnbehandlungsangst, die Fluoridprophylaxe sowie gesundheitsökonomische Aspekte der Teilnehmenden. Eine Ausführung der Variablenberechnung findet sich bei Kuhr et al. (2025).

2.2.3.2 Computer-Assisted Personal Interview (CAPI)

Bei Untersuchungsbeginn erfolgte eine standardisierte mündliche Datenerhebung durch die Interviewenden. Im CAPI wurden dabei andere Aspekte adressiert als zuvor im PAPI. So diente diese Befragung zum einen der Beurteilung der Gesundheitsversorgung sowie der Inanspruchnahme von Präventionsleistungen durch die Befragten. Ferner sollten die Teilnehmenden Angaben zum eigenen Rauchverhalten sowie zu vorliegenden kardiometabolischen Erkrankungen machen. Zuletzt wurde um eine Selbsteinschätzung des Mundgesundheitszustand gebeten und die Teilnehmenden zu ihrem häuslichen Mundhygieneverhalten befragt. Für diese Arbeit relevante Zielgrößen waren dabei die Häufigkeit des Zähneputzens mit einer manuellen und/oder elektrischen Zahnbürste, die Häufigkeit der Interdentalhygiene sowie die Häufigkeit der professionellen Zahnreinigung (PZR).

2.2.4 Videoaufzeichnung des Zahnputzvorgangs

Die Interviewenden begleiteten die Teilnehmenden zum Mundhygieneplatz, einem separaten Bereich, in dem ein mobiles Waschbecken aufgebaut und der mit einem Paravent gegenüber dem restlichen Untersuchungsbereich abgeschirmt war. Zur Videoaufnahme des Zahnputzvorgangs diente ein Tabletcomputer (Samsung Galaxy Tab 7, Videoformat: .mp4, 30 fps), welcher gleichzeitig als Spiegel verwendet werden konnte. Das höhenverstellbare Tablet-Stativ wurde individuell auf die Teilnehmenden eingestellt (s. Abbildung 1). Am Mundhygieneplatz standen ein Zahnputzbecher, Papiertücher und ausreichend Wasser zum Ausspülen bereit. Es wurde vorab darum gebeten, die eigenen Mundhygieneutensilien zum Untersuchungstermin mitzubringen. Wurden diese vergessen, standen im Untersuchungszenrum eine manuelle Einweg-Zahnbürste (Care & Serve®, WIROS Wilfried Rosbach GmbH, Willich, Deutschland), eine elektrische Zahnbürste (Oral B® Vitality Pro Timer, Procter & Gamble, Schwalbach am Taunus, Deutschland) sowie eine Zahnpasta (Elmex® Sensitive, CP GABA GmbH, Hamburg, Deutschland) zur Verfügung. Zur Interdentalhygiene wurden Interdentalbürsten unterschiedlicher Größen (TePe®, TePe D-A-CH GmbH, Hamburg, Deutschland), Interdentalsticks (GUM® Soft-Picks®, SUNSTAR Deutschland GmbH, Schönau, Deutschland), Zahnseide und Zahnseidesticks (Dontodent, dm-drogerie markt GmbH + Co. KG, Karlsruhe, Deutschland) auf Anfrage der Teilnehmenden ausgegeben. Bei Beginn der Videoaufnahme wurde zunächst die Identifikationsnummer ins Kamerabild gehalten, bevor anschließend die Instruktion „*Bitte reinigen Sie Ihre Zähne so gründlich wie möglich, sodass sie ganz sauber sind*“ folgte. Es gab keine zeitliche Vorgabe und die Teilnehmenden wurden hinter dem Paravent allein gelassen und blieben ungestört. Sie signalisierten die Beendigung des Zahnputzvorgangs mithilfe einer hierfür bereitgestellten Klingel. Die Interviewenden beendeten die Aufnahme und speicherten die Videodatei unter der entsprechenden Identifikationsnummer ab.



Abbildung 1. Aufbau des Mundhygieneplatzes für die Zahnputzaufnahme. Quelle: IDZ



Abbildung 2. Aufbau der klinischen Untersuchung. Quelle: IDZ

2.2.5 Klinische Parameter

Die Erfassung der klinischen Parameter erfolgte durch die Zahnärztinnen und Zahnärzte, welche an der Zahnputzaufnahme nicht beteiligt und entsprechend verblindet gegenüber den Aspekten des Zahnputzvorgangs waren. Aufgrund der Feldbedingungen erfolgte die Untersuchung ohne eine Behandlungseinheit, also auch ohne Absaugung, Multifunktionsspritze zur Trockenlegung oder Behandlungsleuchte. Als Beleuchtung wurde eine Kopflampe genutzt. Einen beispielhaften Aufbau an einem Studienstandort zeigt Abbildung 2. Die Zahnärztinnen und Zahnärzte arbeiteten ohne Assistenz am Stuhl und diktierten die Befunddaten einem Teammitglied zur elektronischen Erfassung mit der Befundsoftware (Dentasoft 6). Es wurden sowohl zahnbezogene, parodontale als auch stomatologische Befunde erhoben. Für die weitere Variablenberechnung wurden die Weisheitszähne ausgeschlossen. Nachfolgend sollen die für diese Untersuchung wesentlichen Parameter erläutert werden.

2.2.5.1 Gingivitis

Zur Beurteilung des parodontalen Entzündungszustands wurde der Bleeding on Probing (BoP) Index nach Ainamo und Bay (1975) erhoben. Hierbei wird während der Sondierungsmessung mit einer stumpfen Parodontalsonde (Parodontometer PCP-UNC 15 (Zantomed, Duisburg)) und einem Sondierungsdruck von 0,15 - 0,2 N an den sechs Messstellen (mesio-, mitt- und distobukkal sowie mesio-, mitt- und distoorale) beobachtet, ob eine Sondierungsblutung auftritt (Grad 1) oder ausbleibt (Grad 0) und anschließend der Gesamtanteil blutender Stellen berechnet.

2.2.5.2 Plaqueerhebung

Zunächst erfolgte eine relative Trockenlegung der Zähne mit Watterollen, jedoch ohne Druckluft. Zur visuellen Darstellung der Plaque dienten Schaumstoffpellets, die bereits in einer Plaque-revealer-Lösung getränkt waren (Mira-2-Ton®, Hager & Werken GmbH & Co. KG, Duisburg, Deutschland). Die Kiefer wurden mit je einem Pellet angefärbt und die Teilnehmenden anschließend gebeten, überschüssige Anfärbelösung durch einmaliges Umspülen mit Wasser zu entfernen. Zur Erfassung der Plaque diente eine Modifikation des Marginalen Plaque Index (MPI) (Deinzer et al. 2014).

Der modifizierte Marginale Plaque Index (mMPI) ist eine Vereinfachung des MPIs durch Zusammenfassung der beiden zervikalen Segmente. Eine ausführliche Darstellung sowie der Vergleich des MPIs mit dem mMPI finden sich bei Weik et al. (2024). Beim mMPI ergeben sich je Fläche drei Segmente (mesio-, mitt- und distobukkal bzw. mesio-, mitt- und distoorale) (s. Abbildung 3). Für jedes Segment wird entschieden, ob Plaque am

Gingivarand vorliegt (Grad 1) oder nicht (Grad 0). Der mMPI ergibt sich aus dem Prozentsatz an Stellen, an denen noch Plaque vorhanden ist (Grad 1) im Verhältnis zu allen untersuchten Stellen. Da sich im Zuge einer Reliabilitätsprüfung während der Feldphase Unstimmigkeiten bei der Erhebung des mMPIs ergaben (s. Kapitel 2.3.2), wurden die Untersuchenden im Januar 2023 nachgeschult. Für diese Arbeit wurden nur Daten verwendet, die nach dieser Nachschulung erhoben wurden.

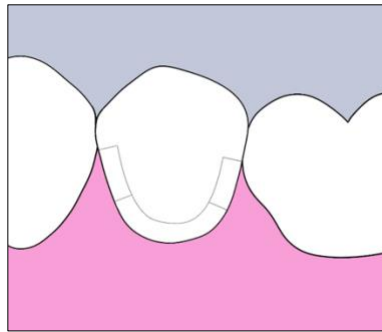


Abbildung 3. Einteilung der Zahnfläche am Gingivarand zur Erfassung des mMPIs.

2.3 Zusammenstellung der Untersuchungsgruppen

Auf Basis derjenigen Teilnehmenden, die sich zur Aufnahme des Zahnputzvorgangs bereit erklärten, sollten im ursprünglichen Studiendesign die 100 Teilnehmende mit den *niedrigsten* und die 100 Teilnehmende mit den *höchsten* Plaquewerten nach Putzen einander gegenübergestellt werden. Mit dem Abschluss der Feldphase lagen insgesamt 2.031 Zahnputzaufnahmen vor. Diese wurden vom Auftraggeber der DMS · 6 an das Institut für Medizinische Psychologie (IMP) der Justus-Liebig-Universität Gießen zur weiteren Analyse übergeben. Die nachfolgenden Analysen wurden von der Autorin dieser Arbeit vorgenommen. Soweit sie hierbei von studentischen Hilfskräften unterstützt wurde, die sie mit Mitarbeitenden des IMP anleitete und koordinierte, ist dies im Folgenden explizit angegeben.

2.3.1 Auswahl der geeigneten Aufnahmen

Im Zuge begleitender Maßnahmen zur Qualitätssicherung war aufgefallen, dass die Ergebnisse der Plaquemessung zwischen den Untersuchenden stark differierten, sodass die Untersuchungsteams im Januar 2023 nachgeschult wurden. Für die Videoanalyse wurden nur Aufnahmen des Zahnputzvorgangs in Betracht gezogen, welche nach dieser Nachschulung aufgenommen wurden. Ferner mussten die Ergebnisse der zahnmedizinischen Untersuchung, der sozialwissenschaftlichen Befragungen sowie die mMPI-Werte der Studienteilnehmenden vorliegen. Damit fiel die Anzahl zu berücksichtigender Videoaufnahmen mit 1.482 geringer aus, als bei der

Studienplanung erwartet wurde. Eine Übersicht über die Auswahl der final für die Probandenauswahl zur Verfügung stehenden Aufnahmen bietet Abbildung 4.

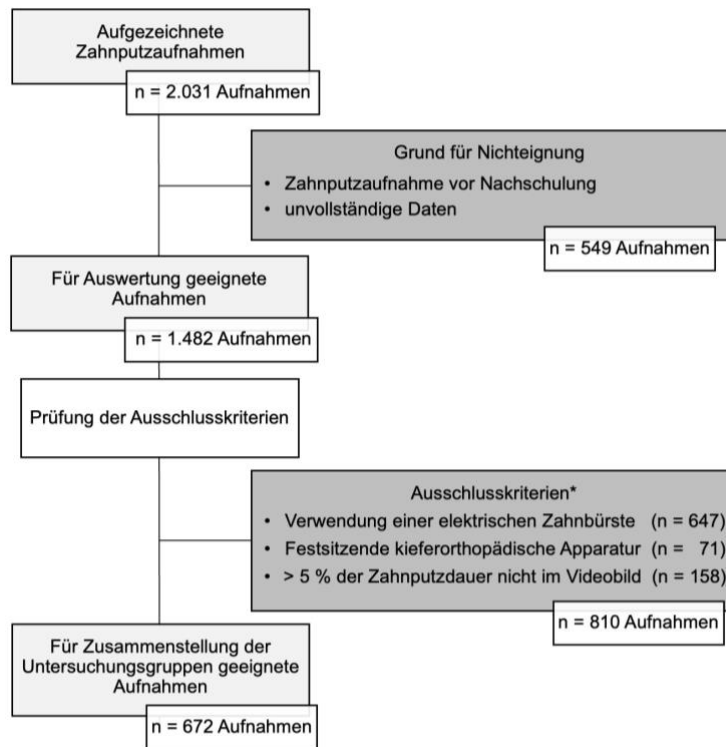


Abbildung 4. Flowdiagramm zur Auswahl der Zahnputzaufnahmen, welche für die Zusammenstellung der Untersuchungsgruppen geeignet waren. *Auf einige Aufnahmen trafen mehrere Ausschlusskriterien zu.

Das Ziel dieser Untersuchung war der Gruppenvergleich des Zahnputzvorgangs mit einer Handzahnbürste. Entsprechend wurden Personen, die sich mit einer elektrischen Zahnbürste die Zähne putzten, nicht berücksichtigt. Eine erschwerte Mundhygiene aufgrund festsitzender kieferorthopädischer Apparaturen sollte bereits im Voraus als störender Faktor ausgeschlossen werden. Da dieser Aspekt in der klinischen Untersuchung nicht erfasst worden war, konnte eine Beurteilung nur anhand der Videoaufnahmen erfolgen und es wurden Personen ausgeschlossen, bei denen im Video eine festsitzende kieferorthopädische Apparatur sichtbar wurde. Ebenfalls ausgeschlossen wurden Personen, die sich mehr als 5 % der Zeit zwischen Beginn des Zahnputzvorgangs (erster Kontakt der Zahnbürste mit dem Zahn) und dessen Beendigung nicht im Videobild befanden. Dieses Kriterium wurde bereits in früheren Untersuchungen angewandt, um zu große Verzerrungen der Daten aufgrund mangelhafter Beurteilbarkeit des Verhaltens zu vermeiden (Deinzer et al. 2019). Zunächst wurden daher alle 1.482 Videos hinsichtlich dieser Kriterien gescreent, wobei das letztgenannte Kriterium (mehr als 5 % des Zahnputzvorgangs nicht sichtbar) noch nicht strikt angewandt werden konnte, da dieses eine sehr differenzierte und damit zeitintensive Analyse aller Aufnahmen verlangt hätte. Stattdessen erfolgte nur eine

grobe Sichtung bei der vermerkt wurde, wenn eine Person über erheblich längere Strecken als 5 % der Zahnputzdauer nicht im Videobild zu sehen war und es verblieben 672 Aufnahmen, die für die Zusammenstellung der Untersuchungsgruppen geeignet waren (s. Abbildung 4).

2.3.2 Herleitung der Probandenauswahl

Vor Abschluss der Untersuchungen war im Rahmen qualitätssichernder Zwischenauswertungen aufgefallen, dass sich die Verteilungen der mMPI-Werte zwischen den Untersuchenden stark unterschieden und zum Teil Besonderheiten aufwiesen. Besonders prominent zeigte sich eine bimodale Verteilung bei einer Zahnärztin mit einem Gipfel bei den sehr niedrigen und einem anderen bei den sehr hohen Plaquewerten. Diese Unterschiede zwischen den Untersuchungsteams sind auch bei den 672 Videoaufnahmen, die für die Probandenauswahl herangezogen werden sollten, erkennbar (s. Anhang C). Damit sprach viel dafür, dass die Plaquewerte zwischen den Untersuchenden nur bedingt vergleichbar waren und es wurde beschlossen die Probandenauswahl hinsichtlich der Untersuchungsteams zu stratifizieren.

Tabelle 1. Verteilung der Gesamtaufnahmen auf die Untersuchungsteams.

Team	Anzahl geeigneter Aufnahmen	Anteil an geeigneten Aufnahmen gesamt
1	254	37,8 %
2	62	9,2 %
4	107	15,9 %
5	249	37,1 %
Gesamt	672	100,0 %

Für die Zusammenstellung der Untersuchungsgruppen sollten die Ergebnisse aller Untersuchenden entsprechend ihrem Anteil an den geeigneten Videoaufnahmen berücksichtigt werden. Mithilfe einer Häufigkeitstabelle wurde zunächst kontrolliert, welche oberen und unteren Grenzen des mMPIs sich für die einzelnen Untersuchenden ergeben würden, wenn jeweils die 100 Personen mit den *niedrigsten* und *höchsten* Plaquewerten ausgewählt werden würden, wie im ursprünglichen Studiendesign vorgesehen. Dabei wurde deutlich, dass insbesondere innerhalb der Gruppe mit den *niedrigsten* Plaquewerten noch hohe Werte mit mMPI > 40 vorkamen, sodass man hier nicht mehr davon ausgehen konnte, dass es sich um einen besonders effektiven Zahnputzvorgang handelte (s. Tabelle 2).

Tabelle 2. mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams bei Gruppengrößen von je n = 100 Personen.

Team	Anzahl je Gruppe	Höchster Wert der <i>niedrigsten</i> mMPI-Werte	Niedrigster Wert der <i>höchsten</i> mMPI-Werte
1	38	13,5	83,9
2	9	35,7	79,4
4	16	24,8	62,8
5	37	46,1	87,0

In einem nächsten Schritt wurde geprüft, wie viele Personen bei einer Festlegung der mMPI-Grenzwerte auf $mMPI \leq 15$ und $mMPI \geq 85$ zur Verfügung stünden. Die starke Kontrastierung erlaubte die Zuordnung zu den Untersuchungsgruppen trotz des bekannten Untersuchereinflusses, jedoch zeigte sich, dass für dieses Vorgehen bei zu wenigen Teilnehmenden der erreichte mMPI innerhalb der entsprechenden Grenzbereiche lag (s. Tabelle 3).

Tabelle 3. Anzahl der Personen mit mMPI-Werten ≤ 15 bzw. ≥ 85 in den Untersuchungsteams.

Team	Anzahl mit $mMPI \leq 15$	Anzahl mit $mMPI \geq 85$
1	44	36
2	0	6
4	6	3
5	4	47
Gesamt	54	92

Allgemein lagen nur für Zahnärztin 1 und Zahnarzt 5 vergleichsweise viele Videoaufnahmen vor, die für die Analyse geeignet waren (s. Tabelle 1). Bei Betrachtung der mMPI-Werte, die durch Zahnarzt 5 erhoben wurden, zeigte sich näherungsweise eine Normalverteilung, die so auch aus vorangehenden Beobachtungsstudien bekannt war (Weik et al. 2023; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021). Die mMPI-Werte, die durch Zahnärztin 1 erhoben wurden, schienen in ihrer Verteilung unplausibler, waren jedoch für eine Kontrastierung zwischen den *niedrigsten* und *höchsten* Plaquewerten nach Putzen geeignet. Im Nachfolgenden wurde geprüft, welche mMPI-Grenzen sich bei einem Vergleich von je 10 % der Fälle beider Untersuchenden mit den *niedrigsten* und *höchsten* mMPI-Werten ergäben (s. Tabelle 4).

Tabelle 4. mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams 1 und 5 bei Berücksichtigung von 10 % der Fälle je Gruppe.

Team	Höchster Wert der <i>niedrigsten</i> mMPI-Werte	Niedrigster Wert der <i>höchsten</i> mMPI-Werte
1	10,1	97,9
5	35,7	91,1

Dieses Vorgehen ermöglichte eine starke Kontrastierung zwischen den beiden Untersuchungsgruppen. Der Gruppenvergleich ergab keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Geschlechterverteilung, jedoch befanden sich in der Gruppe mit den *höchsten* mMPI-Werten nach Putzen unverhältnismäßig mehr Kinder als in der Gruppe

der *niedrigsten* mMPI-Werte. Da vorangehende Arbeiten nahelegen, dass sich der kindliche Zahnputzvorgang von dem erwachsener Personen unterscheidet (Eidenhardt et al. 2021; Sandström et al. 2011), wurde an dieser Stelle entschieden, die Probandenauswahl für die Gruppe der Kinder und der Erwachsenen separat vorzunehmen.

2.3.3 Probandenauswahl der Erwachsenen

2.3.3.1 Erste Auswahl

Für die Auswahl der Erwachsenen wurden zunächst diejenigen Personen identifiziert, welche die oben angeführten Einschlusskriterien erfüllten (s. Kapitel 2.3.1), zum Untersuchungszeitpunkt mindestens 18 Jahre alt waren und mindestens 20 Zähne hatten. Damit standen für die weitere Auswahl 356 Videoaufnahmen zur Verfügung (s. Tabelle 5).

Tabelle 5. Anzahl geeigneter Videoaufnahmen der Erwachsenen in den Untersuchungsteams.

Team	Anzahl geeigneter Aufnahmen
1	148
2	35
4	57
5	116
Gesamt	356

Zur Einschätzung der Ausgangssituation erfolgte ein Blick auf die Verteilung der mMPI-Werte innerhalb der Untersuchungsteams. Für geeignete Gruppengrößen bei ausreichendem Kontrast zwischen den mMPI-Werten beider Gruppen schien es sinnvoll etwa 10 % der Fälle mit den *niedrigsten* und *höchsten* mMPI-Werten aller Untersuchungsteams auszuwählen, sodass eine Gruppengröße von jeweils $n = 35$ Personen zustande kam. Die Zusammensetzung der Gruppen sowie die entsprechenden mMPI-Grenzwert sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6. Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams bei Berücksichtigung von etwa 10 % der Fälle der Erwachsenen je Gruppe.

Team	Anzahl je Gruppe <i>niedrigster/höchster</i> mMPI	Höchster Wert der <i>niedrigsten</i> mMPI-Werte	Niedrigster Wert der <i>höchsten</i> mMPI-Werte
1	16*/15	10,1	81,5
2	4/4	26,8	79,4
4	5/5	16,1	70,8
5	10*/11	35,7	83,3

*16 Personen, weil Fall 15 und 16 denselben mMPI-Wert hatten.

*Nur 10 Personen berücksichtigt, da mit dem 11. Fall der mMPI-Grenzwert auf $mMPI = 38,1$ angehoben würde.

Es folgte die Kontrolle der Gruppengrößen mit G*Power (Faul et al. 2007). Bei einer Anzahl von je $n = 35$ Personen konnten bei einseitiger Hypothesentestung Effekte von

Cohens $d \geq |0,59|$ mit $\alpha = 0,05$ und $\beta = 0,2$ (Testpower $1 - \beta = 80\%$) detektiert werden. Da durch die starke Kontrastierung der mMPI-Werte beider Untersuchungsgruppen größere Effektstärken zu erwarten waren, wurden die Gruppengrößen als ausreichend angenommen.

Um bereits vor Beobachtung des Zahnputzvorgangs zu prüfen, ob eine Konfundierung der Gruppenzusammenstellung mit anderen Merkmalen vorlag, erfolgte ein abschließender Gruppenvergleich. Sowohl im Hinblick auf das Alter, die Geschlechterverteilung, den Migrationshintergrund, den Bildungsstatus sowie die Verteilung der Studienteilnehmenden auf die Untersuchungsstandorte lagen keine signifikanten Gruppenunterschiede vor (alle $p > 0,05$; s.a. Tabelle 7).

Tabelle 7. Prüfung der soziodemographischen Zusammensetzung der Erwachsenen der ersten Probandenauswahl.

	Niedrigster mMPI (n = 35)	Höchster mMPI (n = 35)	p
	n/n/n		
Altersgruppe (20J./35-44J./65-74J.)	10/15/10	5/21/9	0,261 ^C
Geschlecht (m/w)	11/24	18/17	0,145 ^C
CASMIN (niedrig/mittel/hoch)	1/20/14	5/21/9	0,105 ^R
Migrationshintergrund* (ja/nein)	6/29	10/24	0,265 ^C

^CChi²-Test und ^RRangsummentest (zweiseitige Testung; exakte Tests)

*Bei einer Person aus der Gruppe mit *höchstem* mMPI fehlt die Angabe zum Migrationshintergrund.

2.3.3.2 Erneute Auswahl nach Prüfung der Beurteilbarkeit

Für alle Personen, die für den Gruppenvergleich ausgewählt wurden, wurde im nächsten Schritt nochmals exakt geprüft, ob sie das Einschlusskriterium erfüllten, mindestens über 95 % der ZKZ beobachtbar und beurteilbar zu sein (s. Kapitel 2.3.1). Als ZKZ gilt die Zeit, in der die Zahnbürste während des Zahnputzvorgangs in Kontakt mit den Zähnen ist. Nicht beobachtbare und beurteilbare Sequenzen durften einen Anteil von 5 % der positiv beobachteten ZKZ nicht überschreiten (Deinzer et al. 2019). Ferner erfolgte ein Ausschluss, wenn der Beginn oder das Ende des Zahnputzvorgangs nicht aufgezeichnet wurde, da so eine exakte Bestimmung der ZKZ nicht möglich war. Nach Auswertung der ZKZ sowie der nicht beobachtbaren und beurteilbaren Sequenzen mussten aus der bis dato getroffenen Probandenauswahl 12 Personen ausgeschlossen werden (bei zehn Personen war der Zahnputzvorgang für mehr als 5 % der ZKZ nicht beurteilbar; bei einem Probanden war der Beginn der ZKZ nicht beurteilbar; ein Proband putzte mit einer elektrischen Zahnbürste). Nach Ausschluss dieser Personen erfolgte entsprechend dem obigen Vorgehen eine erneute Auswahl von etwa 10 % der Fälle aller Untersuchungs-

teams. Die Gruppengrößen und die entsprechenden Plaquegrenzen sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8. Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams nach differenzierter Überprüfung der Beurteilbarkeit des Zahnputzvorgangs und erneuter Probandenauswahl. Berücksichtigung von etwa 10 % der Fälle der Erwachsenen je Gruppe.

Team	Anzahl je Gruppe <i>niedrigster/höchster</i> mMPI	Höchster Wert der <i>niedrigsten</i> mMPI-Werte	Niedrigster Wert der <i>höchsten</i> mMPI-Werte
1	15/15	10,1	68,5
2	4/4	26,8	77,6
4	7*/6	21,4	68,9
5	11/11	38,9	81,0

*7 Personen, weil Fall 6 und 7 denselben mMPI-Wert hatten.

Auch bei den neu hinzugezogenen Personen wurde geprüft, ob der Zahnputzvorgang in ausreichendem Maße aufgezeichnet wurde. Dabei ergab sich ein weiterer Ausschluss (der Zahnputzvorgang war länger als 5 % der ZKZ nicht beurteilbar), sodass sich die finale Auswahl aus $n = 37$ Personen mit *niedrigstem* und $n = 35$ Personen mit *höchstem* mMPI nach Putzen zusammensetzte (s. Tabelle 9).

Tabelle 9. Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams nach finaler Probandenauswahl der Erwachsenen. Berücksichtigung von etwa 10 % der Fälle der Erwachsenen je Gruppe.

Team	Anzahl je Gruppe <i>niedrigster/höchster</i> mMPI	Höchster Wert der <i>niedrigsten</i> mMPI-Werte	Niedrigster Wert der <i>höchsten</i> mMPI-Werte
1	15/14	10,1	68,5
2	4/4	26,8	77,6
4	7*/6	21,4	68,9
5	11/11	38,9	81,0

*7 Personen, weil Fall 6 und 7 denselben mMPI-Wert hatten.

Das Ergebnis des Gruppenvergleichs hinsichtlich der soziodemographischen Zusammensetzung veränderte sich durch die erneute Auswahl nicht (s. Tabelle 10).

Tabelle 10. Prüfung der soziodemographischen Zusammensetzung der Erwachsenen der finalen Probandenauswahl.

	Niedrigster mMPI ($n = 37$)	Höchster mMPI ($n = 35$)	p
	n/n/n		
Altersgruppe (20J./35-44J./65-74J.)	11/20/6	8/18/9	0,603 ^C
Geschlecht (m/w)	13/24	18/17	0,234 ^C
CASMIN (niedrig/mittel/hoch)	1/23/13	5/20/10	0,261 ^R
Migrationshintergrund (ja/nein)	6/31	11/24	0,169 ^C

^CChi²-Test und ^RRangsummentest (zweiseitige Testung; exakte Tests)

2.3.4 Probandenauswahl der Kinder

2.3.4.1 Erste Auswahl

Bei der Probandenauswahl der Kinder wurden nur diejenigen Personen berücksichtigt, welche den oben angeführten Einschlusskriterien entsprachen (s. Kapitel 2.3.1) und der Altersgruppe der 12-Jährigen angehörten. Damit ergaben sich 260 Videoaufnahmen, die für die weitere Auswahl geeignet waren (s. Tabelle 11).

Tabelle 11. Anzahl geeigneter Videoaufnahmen der Kinder in den Untersuchungsteams.

Team	Anzahl geeigneter Aufnahmen
1	85
2	23
4	45
5	107
Gesamt	260

Entsprechend dem Vorgehen bei den Erwachsenen wurde im nächsten Schritt geprüft, welche mMPI-Grenzwerte sich ergaben, wenn jeweils 10 % der Fälle mit den *niedrigsten* und *höchsten* mMPI-Werten aller Untersuchungsteams hinzugezogen werden. Die Grenzwerte sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tabelle 12. Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams bei Berücksichtigung von 10 % der Fälle der Kinder je Gruppe.

Team	Anzahl je Gruppe <i>niedrigster/höchster</i> mMPI	Höchster Wert der <i>niedrigsten</i> mMPI-Werte	Niedrigster Wert der <i>höchsten</i> mMPI-Werte
1	9/10*	11,4	100,0
2	2/2	30,7	94,0
4	5/5	26,2	67,4
5	11/11	54,5	95,2

*10 Personen, weil Fälle 1 bis 10 denselben mMPI-Wert hatten.

Hierbei ergaben sich Gruppen mit je $n = 27$ und $n = 28$ Kindern, davon mehrere mit mMPI-Werten ≥ 40 in der Gruppe der *niedrigsten* mMPI-Werte nach Putzen. Im nächsten Schritt wurde geprüft, wie sich die Grenzen veränderten bei Betrachtung von nur etwa 5 % der Fälle je Untersuchungsteam. Da der mMPI-Wert bei Zahnärztin 1 für zehn Kinder derselbe war, wichen die Gruppengrößen mit $n = 14$ in der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI und $n = 19$ in der Gruppe mit *höchstem* mMPI voneinander ab. Die entsprechenden Grenzwerte finden sich in Tabelle 13.

Tabelle 13. Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams bei Berücksichtigung von etwa 5 % der Fälle der Kinder je Gruppe.

Team	Anzahl je Gruppe <i>niedrigster/höchster mMPI</i>	Höchster Wert der <i>niedrigsten mMPI-Werte</i>	Niedrigster Wert der <i>höchsten mMPI-Werte</i>
1	5/10*	6,5	100,0
2	1/1	23,2	94,7
4	3/3	24,8	75,0
5	5/5	35,2	99,4

*10 Personen, weil Fälle 1 bis 10 denselben mMPI-Wert hatten.

Insgesamt war eine gute Kontrastierung der mMPI-Werte zwischen beiden Gruppen möglich und die Werte in der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI lagen alle unter mMPI = 40, sodass die statistische Überprüfung der Gruppengrößen mit G*Power folgte (Faul et al. 2007). Mit $\alpha = 0,05$ und $\beta = 0,2$ (Testpower $1 - \beta = 80\%$) wären bei einseitiger Testung nur große Effekte (Cohens $d = |0,90|$) erkannt worden. Da der kindliche Zahnputzvorgang bislang nur wenig untersucht ist, sollte die α -Fehlerwahrscheinlichkeit im Sinne einer explorativen Analyse auf $\alpha = 0,1$ erhöht werden. Damit waren Effektstärken von Cohens $d \geq |0,77|$ mit einer Power von 80 % detektierbar.

Auch bei den Kindern sollte vor Beginn der Auswertung geprüft werden, ob eine Konfundierung der Gruppenzusammenstellung mit anderen Merkmalen vorlag. Hinsichtlich der Geschlechterverteilung, des Bildungsstatus der Eltern sowie der Verteilung der Teilnehmenden auf die Untersuchungsstandorte gab es keinen Unterschied zwischen beiden Gruppen. Der Vergleich des Migrationshintergrunds war nur knapp nicht signifikant, sodass zur Untersuchung möglicher Interaktionen eine Sensitivitätsanalyse erfolgen sollte.

2.3.4.2 Erneute Auswahl nach Prüfung der Beurteilbarkeit

Analog zum Vorgehen bei den Erwachsenen wurde im nächsten Schritt geprüft, ob der Zahnputzvorgang anhand der Videoaufzeichnung in ausreichendem Maße zu beurteilen war. Nach Beobachtung der ZKZ sowie der nicht beurteilbaren Sequenzen mussten aus der ersten Probandenauswahl drei Kinder ausgeschlossen werden (bei einem Kind lag der Anteil nicht beurteilbarer Sequenzen bei mehr als 5 % der ZKZ; bei zwei Kindern war der Beginn bzw. das Ende der ZKZ nicht beurteilbar). Nach Ausschluss dieser Kinder wurde eine neue Auswahl getroffen. Entsprechend den mMPI-Werten sowie der Zugehörigkeit zu den Untersuchungsteams wurden zwei weitere Kinder identifiziert und nach Prüfung der Beurteilbarkeit ihrer Zahnputzaufnahmen den Untersuchungsgruppen hinzugefügt (s. Tabelle 14).

Tabelle 14. Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams nach finaler Probandenauswahl der Kinder. Berücksichtigung von etwa 5 % der Fälle der Kinder je Gruppe.

Team	Anzahl je Gruppe <i>niedrigster/höchster</i> mMPI	Höchster Wert der <i>niedrigsten</i> mMPI-Werte	Niedrigster Wert der <i>höchsten</i> mMPI-Werte
1	5/9*	6,5	100,0
2	1/1	23,2	94,7
4	3/3	25,9	75,0
5	5/5	35,2	99,3

*9 Personen, weil Fälle 1 bis 9 denselben mMPI-Wert hatten.

Final setzte sich die Gruppe aus $n = 14$ Kindern mit *niedrigstem* mMPI sowie $n = 18$ Kindern mit *höchstem* mMPI zusammen. Die soziodemographische Zusammensetzung beider Gruppen änderte sich durch die erneute Probandenauswahl nicht (s. Tabelle 15).

Tabelle 15. Prüfung der soziodemographischen Zusammensetzung der Kinder der finalen Probandenauswahl.

	Niedrigster mMPI ($n = 14$)	Höchster mMPI ($n = 18$)	p
	n/n/n		
Geschlecht (m/w)	6/8	7/11	1,000 ^C
CASMIN* (niedrig/mittel/hoch)	0/7/6	3/10/5	0,211 ^R
Migrationshintergrund (ja/nein)	3/11	10/8	0,075 ^C

^CChi²-Test und ^RRangsummentest (zweiseitige Testung; exakte Tests)

*Bei einem Kinder aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI fehlte die Angabe zum elterlichen CASMIN.

2.4 Verhaltensparameter

Die Aufzeichnung des Zahnputzvorgangs im Rahmen der Datenerhebung der DMS · 6 wurde bereits im Kapitel 2.2.4 beschrieben. An dieser Stelle soll die Kalibrierung der Untersuchenden, die Beobachtung der Zahnputzaufnahmen sowie die Reliabilitätsanalyse während der Datenerhebung ausgeführt werden. Die Auswertung der Zahnputzaufnahmen erfolgte nach einem bereits in vorangehenden Studien erprobten und validierten Vorgehen (Weik et al. 2023; Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2019) mit der Beobachtungssoftware INTERACT® (Version 18, Mangold International GmbH, Arnstorf, Deutschland). Eine Erläuterung des verwendeten Kodierschemas findet sich in Kapitel 2.4.2. Die Auswertung der Interdentalhygiene erfolgte mithilfe eines Microsoft Excel Formulars, welches zu diesem Zwecke von der Verfasserin der Arbeit erstellt wurde.

2.4.1 Kalibrierung der Untersuchenden

Die Auswertungen wurden ausschließlich durch zuvor kalibrierte Beobachtende vorgenommen, welche im Umgang mit INTERACT® sowie der Auswertung der Verhaltensparameter geschult waren. Die Kalibrierung erfolgte für jeden Verhaltens-

parameter (s. Kapitel 2.4.2) anhand von bereits analysiertem Videomaterial aus vorangehenden Studien des IMPs. Per Zufallsauswahl wurden die Videos, welche für die Kalibrierung verwendet werden sollten, durch eine dritte Mitarbeiterin ausgewählt. Die zu kalibrierende Person führte die Videobeobachtung von fünf bzw. zehn¹ Aufnahmen durch und war hierbei gegenüber den Analysedaten aus den vorangegangenen Studien verblindet. Zur Prüfung der Übereinstimmung wurde die Intraklassenkorrelation (ICC) berechnet und die Kalibrierung galt als erfolgreich, wenn eine $ICC \geq 0.90$ erreicht wurde. Eine Ausnahme stellte die Auswertung der Interdentalhygiene dar, da diese nach einem neuen Schema erfolgte, welches in vorangehenden Arbeiten noch nicht verwendet wurde. In diesem Fall wurde die prozentuale Übereinstimmung von fünf Aufnahmen zwischen der zu kalibrierenden Person und einem zahnärztlichen Mitarbeiter des IMPs geprüft und galt bei einer Übereinstimmung von $> 90\%$ als ausreichend. Alle an der Kalibrierung beteiligten Personen sowie die Ergebnisse der Kalibrierung sind in Anhang D zusammengestellt.

2.4.2 Auswertung der Zahnputzaufnahmen

Die Kodierung des Zahnputzvorgangs erfolgte anhand eines Beobachtungsschlüssels, der auf Kategoriensystemen des IMPs basiert (Weik et al. 2023; Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2019; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Harnacke et al. 2015). Zusätzlich erfolgte die Auswertung der Interdentalhygiene, welche in dieser Arbeit erstmalig in dieser Form beobachtet wurde. Die Kategoriensysteme für die einzelnen Verhaltensparameter sind in Abbildung 5 dargestellt. Die Beobachtenden waren während der gesamten Auswertung hinsichtlich der Gruppenzugehörigkeit der Teilnehmenden verblindet.

Zahnkontaktzeit	Flächen	Bewegungen	Sextanten	Interdentalhygiene
<ul style="list-style-type: none"> • Zahnkontakt • Kein Zahnkontakt • Nicht beurteilbar/nicht sichtbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Okklusal • Vestibulär • Oral 	<ul style="list-style-type: none"> • Horizontale Bewegungen • Vertikale Bewegungen • Kreisende Bewegungen • Bass-Formenkreis • Keine Bewegung 	<ul style="list-style-type: none"> • Sextanten 1 bis 6 • Sextant 1/6 • Sextant 2/5 • Sextant 3/4 	<i>Erfassung:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung • Verwendete Hilfsmittel • Anzahl erreichter Interdentalräume • Bewertung der Technik

Abbildung 5. Übersicht über die Kategoriensysteme zur Beobachtung der einzelnen Verhaltensparameter des Zahnputzvorgangs. Eine weitere Erläuterung erfolgt im Text.

Zahnkontaktzeit. Dieser Parameter diente der Erfassung der Dauer des Zahnkontakts der Zahnbürstenborsten mit der Zahnoberfläche. Für jeden Zeitpunkt der Beobachtung wurde registriert, ob *Zahnkontakt* vorlag. Unterbrechungen des Zahnkontakts, in denen

¹Für den Parameter Bewegungen wurden zehn Videos zur Kalibrierung verwendet, da der Anteil der Kategorie *Vertikale Bewegungen* innerhalb der Videos zu gering war. Alle anderen Verhaltensparameter wurden mit fünf Videos erfolgreich kalibriert.

die Bürstenborsten die Zähne nicht mehr berührten, wurden als *kein Zahnkontakt* gewertet. Befanden sich die Teilnehmenden während des Zahnputzvorgangs außerhalb des Videobilds, war also der Zahnkontakt visuell nicht beurteilbar, wurde diese Sequenz als *nicht beurteilbar/nicht sichtbar* kodiert. War jedoch innerhalb dieser Sequenz akustisch eindeutig zu erkennen, dass der Zahnputzvorgang beendet war (Ausspucken, Mund ausspülen, etc.), wurde dies als *kein Zahnkontakt* gewertet. Aus dieser Kodierung konnte der Verhaltensparameter Zahnkontaktzeit (s) abgeleitet werden. Die Beobachtung des Parameters erfolgte durch die Autorin dieser Dissertation (ES).

Flächen. Registriert wurde zu jedem Zeitpunkt der Beobachtung, zu dem Zahnkontakt beobachtet worden war, ob dieser an den *Okklusal-, Vestibulär-, oder Oralflächen* vorlag. Wurde am Übergang zweier Flächen geputzt, wurde sich für die Okklusalfläche entschieden, da in diesem Fall nicht davon auszugehen war, dass die Borsten den Gingivarand der Lateralfläche in ausreichendem Maße erreichten, um dort Plaque zu entfernen. Zur Vereinfachung wurde beim Putzen im Frontzahnbereich der inzisale Bereich zur Okklusalfläche gezählt. Es ließen sich folgende Verhaltensvariablen ableiten: Absolutzeiten des Zahnkontakts an den jeweiligen Flächen in Sekunden (Okklusal (s), Vestibulär (s), Oral (s)) und der prozentuale Anteil der Zahnkontaktzeit an diesen Flächen bezogen auf die Gesamtzahnkontaktzeit (Anteil Okklusal an ZKZ (%), Anteil Vestibulär an ZKZ (%), Anteil Oral an ZKZ (%)). Die Flächenbeobachtung erfolgte zu je gleichen Anteilen durch zwei studentische Hilfskräfte (YD, LK) und wurde durch ES koordiniert.

Sextanten. Für eine genaue Lokalisation der Zahnbürste innerhalb des Zahnbogens erfolgte die Beobachtung der Sextanten innerhalb der Zahnkontaktzeit (*Sextant 1 bis 6*). Putzten Personen mit aufeinandergebissenen Zähnen im sogenannten Tigerbiss (TB) und wurden dabei die Zahnflächen beider Kiefer gleichzeitig geputzt, wurden entsprechende Doppelsextanten kodiert (*Sextant 1/6, Sextant 2/5, Sextant 3/4*). Wurden Doppelsextanten erfasst, erfolgte eine volle Anrechnung der Zeiten auf die beiden entsprechenden Einzelsextanten. Die Beobachtung der Sextanten wurde durch ES durchgeführt. Mithilfe der Beobachtung der Sextanten ließ sich der QIT-S ermitteln (Deinzer et al. 2018a). Es handelt sich um ein ordinalskaliertes Maß zur Bewertung der Verteilung der ZKZ auf die einzelnen Sextanten. Die Vestibulär- und Oralflächen werden dabei separat betrachtet (QIT-S Vestibulär und QIT-S Oral). Es erfolgt die Bewertung auf einer Skala von 0 bis 9. Dabei steht QIT-S = 0 für eine vollständige Vernachlässigung aller Sextanten und QIT-S = 9 für ein Putzen aller Sextanten für mind. 7,5 Sekunden. Eine ausführliche Beschreibung aller QIT-S Werte findet sich in Tabelle 16.

Tabelle 16. Ausführung der einzelnen QIT-S Indizes. Die Erfassung erfolgt für die Vestibulär- und Oralflächen getrennt.

QIT-S Index	Beschreibung
0	0 Sextanten > 1 s geputzt
1	1 Sextant > 1 s geputzt
2	2 Sextanten > 1 s geputzt
3	3 Sextanten > 1 s geputzt
4	4 Sextanten > 1 s geputzt
5	5 Sextanten > 1 s geputzt
6	alle Sextanten > 1 s geputzt
7	alle Sextanten > 3,5 s geputzt
8	alle Sextanten > 5 s geputzt
9	alle Sextanten > 7,5 s geputzt

Bewegungen. Registriert wurde für die gesamte Zahnkontaktzeit, welche Bürstbewegungen ausgeführt wurden. Dabei wurde unterschieden zwischen *Horizontalen, Vertikalen und Kreisenden Bewegungen* sowie den Bewegungen des *Bass-Formenkreises*, welche die verschiedenen Formen der für die Bass-Technik charakteristischen horizontalen Rüttelbewegung umfasst, ggf. in Kombination mit einer vertikalen Auswischbewegung. Darüber hinaus gab es die Möglichkeit *keine Bewegung* zu kodieren, wenn die Zahnbürstenborsten zwar Kontakt zur Zahnoberfläche hatten, jedoch keine aktive Bewegung durchgeführt wurde. Aus dieser Beobachtung ließen sich die absoluten Zeiten, mit denen die jeweiligen Bewegungen insgesamt und an den jeweiligen Flächen ausgeführt wurden (beispielhaft: Horizontale Bewegungen (s), Horizontale Bewegungen an Vestibulär (s)) sowie die prozentualen Anteile an der Gesamtzahnkontaktzeit und der Zahnkontaktzeit auf den jeweiligen Flächen (beispielhaft: Anteil horizontaler Bewegungen an ZKZ (%), Anteil horizontaler Bewegungen an Vestibulär (%)) berechnen. Darüber wurde eine neue Variable generiert, welche alle Bewegungsformen, ausgenommen der Codes *Horizontale Bewegungen* und *keine Bewegung*, zu *Elaborierte Bewegungen* zusammenfasste, wodurch analog die Absolutzeit und relativen Anteile berechnet werden konnten (beispielhaft: Elaborierte Bewegungen (s), Elaborierte Bewegungen an Lateral (s), Anteil elaborierter Bewegungen an Lateral (%)). Die Beobachtung der Bewegungen erfolgte zu jeweils gleichen Anteilen durch drei studentische Hilfskräfte (LK, AM, JS) und wurde durch ES koordiniert.

Interdentalhygiene. Die Auswertung der Interdentalhygiene diente der Erfassung der folgenden Zielgrößen:

- *Durchführung:* Eine dichotome Variable zur Erfassung, ob Interdentalhygiene durchgeführt wurde (ja/nein).
- *Verwendete Hilfsmittel:* Sofern Interdentalhygiene betrieben wurde, erfolgt eine Erfassung der verwendeten Hilfsmittel, unterteilt nach Zahnseide, Zahnseidesticks,

Superfloss, Interdentalbürsten, Interdentalsticks. Da in dieser Untersuchung niemand Superfloss verwendete, wird auf ihre Nennung im Nachfolgenden verzichtet.

- *Anzahl erreichter Interdentalräume*: Anhand eines Zahnschemas wurde registriert, welche Interdentalräume gereinigt wurden. Hieraus sollte auf die Vollständigkeit der Interdentalhygiene zurückgeschlossen werden.

- *Bewertung der Technik*: Nur bei Verwendung von Zahnseide oder Zahnseidesticks wurde zusätzlich deren Anwendung beurteilt. Eine *korrekte* Anwendung lag vor, wenn folgende Punkte erfüllt waren: Führung des zahnseidenen Hilfsmittels im Interdentalraum unter den Kontaktpunkt; Anlegen der Zahnseide „C-förmig“, mit leichtem Druck an eine der Approximalfächen; Auf- und Abbewegungen entlang der Approximalfäche; Wiederholung an der anderen Approximalfäche (van der Weijden und van Loveren 2023). Abweichungen davon wurden als *inkorrekt* kodiert. Wurde in den verschiedenen Interdentalräumen sowohl eine *korrekte* als auch *inkorrekte* Anwendung beobachtet, wurde diese als *teilweise korrekt/inkorrekt* bewertet.

Die Beobachtung der Interdentalhygiene erfolgte durch ES.

2.4.3 Interraterreliabilität

Zur Wahrung der Beobachtungsstandards sowie zur Identifikation von Beobachtungsdrifts, d.h. einer Verschiebung der Standards während der Auswertung der Videoaufnahmen, erfolgten 10 % der Videobeobachtungen als Doppelbestimmung durch eine weitere Person. Diese musste ebenfalls auf den entsprechenden Verhaltensparameter kalibriert sein, gehörte aber nicht dem Team an, das den betreffenden Parameter für diese Studie analysierte. Die Prüfung der Übereinstimmung beider Beobachtungen erfolgte durch Berechnung der ICC bzw. der prozentualen Übereinstimmung. Sowohl die Koordination als auch die Berechnung der Übereinstimmung erfolgte durch ES und ZE gemeinsam. Für das Kategoriensystem ZKZ ergaben sich ICCs > 0,99, für das Kategoriensystem Flächen ICCs > 0,82 und für das Kategoriensystem Sextanten ICCs > 0,92. Im Kategoriensystem Bewegungen wurden bei *Horizontale Bewegungen* und *Kreisende Bewegungen* ICCs > 0,95 erreicht, wohingegen bei *Vertikale Bewegungen* eine ICC = 0,80 vorlag, was primär auf einen geringen Anteil vertikaler Bewegungen in den ausgewählten Videos zurückzuführen war. Die prozentuale Übereinstimmung bei der Beurteilung der *Durchführung von Interdentalhygiene* sowie bei den *verwendeten Hilfsmitteln* lag bei 100 % und bei der *Bewertung der Technik* ergab sich eine Übereinstimmung von 80 %. Die *Anzahl erreichter Interdentalräume* konnte aufgrund visueller Einschränkungen während der Videobeobachtung nicht valide bestimmt werden. Bei solitärer Beurteilung, ob mehrere

Interdentalräume erreicht wurden oder nicht, lag die Übereinstimmung beider Beobachtenden bei 100 %. Da diese Information zur Deskription des Interdentalhygieneverhaltes genügte, wurde sich an dieser Stelle für die Umwandlung in eine dichotome Variable mit den Ausprägungen *Erreichen mehrerer Interdentalräume* vs. *kein Erreichen mehrerer Interdentalräume* entschieden. Ein Überblick über die Ergebnisse der Reliabilitätsprüfung findet sich in Anhang E.

2.5 Statistische Datenanalyse

Die sozialwissenschaftlichen und klinischen Daten wurden durch das IDZ aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Die Übertragung der Beobachtungsdaten aus der Software INTERACT® in die Statistiksoftware IBM SPSS Statistics Version 29 sowie die Bereinigung und Aufbereitung der Verhaltensdaten dort erfolgte durch eine Institutsmitarbeiterin (ZE) und die Verfasserin der vorliegenden Dissertation. Die statistischen Berechnungen wurden mit der genannten Statistiksoftware durchgeführt. Die inferenzstatistischen Datenanalysen erfolgten selbständig durch die Verfasserin dieser Arbeit unter Supervision von ZE und der Betreuerin dieser Dissertation.

Der Vergleich beider Untersuchungsgruppen erfolgte entlang der in Kapitel 1.5 hergeleiteten Hypothesen zum Zahnputzvorgang. An dieser Stelle sollen die statistischen Hypothesenpaare noch einmal aufgeführt werden:

Hypothese 1: ZKZ

$$H_0: \mu(\text{ZKZ})_{\downarrow\text{mMPI}} - \mu(\text{ZKZ})_{\uparrow\text{mMPI}} \leq 0$$

$$H_1: \mu(\text{ZKZ})_{\downarrow\text{mMPI}} - \mu(\text{ZKZ})_{\uparrow\text{mMPI}} > 0$$

Hypothese 2: Anteil Oral an ZKZ

$$H_0: \mu(\% \text{ Oral an ZKZ})_{\downarrow\text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Oral an ZKZ})_{\uparrow\text{mMPI}} \leq 0$$

$$H_1: \mu(\% \text{ Oral an ZKZ})_{\downarrow\text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Oral an ZKZ})_{\uparrow\text{mMPI}} > 0$$

Hypothese 3: QIT-S Oral

$$H_0: \text{Mittlerer Rang(QIT-S Oral)}_{\downarrow\text{mMPI}} - \text{Mittlerer Rang(QIT-S Oral)}_{\uparrow\text{mMPI}} \leq 0$$

$$H_1: \text{Mittlerer Rang(QIT-S Oral)}_{\downarrow\text{mMPI}} - \text{Mittlerer Rang(QIT-S Oral)}_{\uparrow\text{mMPI}} > 0$$

Hypothese 4: QIT-S Vestibulär

$$H_0: \text{Mittlerer Rang(QIT-S Vestibulär)}_{\downarrow\text{mMPI}} - \text{Mittlerer Rang(QIT-S Vestibulär)}_{\uparrow\text{mMPI}} \leq 0$$

$$H_1: \text{Mittlerer Rang(QIT-S Vestibulär)}_{\downarrow\text{mMPI}} - \text{Mittlerer Rang(QIT-S Vestibulär)}_{\uparrow\text{mMPI}} > 0$$

Hypothese 5: Anteil kreisender Bewegungen an Vestibulär

H0: $\mu(\% \text{ Kreisend an Vestibulär})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Kreisend an Vestibulär})_{\uparrow \text{mMPI}} \leq 0$

H1: $\mu(\% \text{ Kreisend an Vestibulär})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Kreisend an Vestibulär})_{\uparrow \text{mMPI}} > 0$

Hypothese 6: Anteil elaborierter Bewegungen an Lateral

H0: $\mu(\% \text{ Elaboriert an Lateral})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Elaboriert an Lateral})_{\uparrow \text{mMPI}} \leq 0$

H1: $\mu(\% \text{ Elaboriert an Lateral})_{\downarrow \text{mMPI}} - \mu(\% \text{ Elaboriert an Lateral})_{\uparrow \text{mMPI}} > 0$

Hypothese 7: Interdentalhygiene (Durchführung ja/nein)

H0: $p(\text{Durchführung} = \text{ja})_{\downarrow \text{mMPI}} - p(\text{Durchführung} = \text{ja})_{\uparrow \text{mMPI}} \leq 0$

H1: $p(\text{Durchführung} = \text{ja})_{\downarrow \text{mMPI}} - p(\text{Durchführung} = \text{ja})_{\uparrow \text{mMPI}} > 0$

Hypothese 8: Interdentalhygiene (Korrektheit der Durchführung)

H0: $p(\text{korrekte Durchführung})_{\downarrow \text{mMPI}} - p(\text{korrekte Durchführung})_{\uparrow \text{mMPI}} \leq 0$

H1: $p(\text{korrekte Durchführung})_{\downarrow \text{mMPI}} - p(\text{korrekte Durchführung})_{\uparrow \text{mMPI}} > 0$.

Die Berechnung der Stichprobengrößen zur Untersuchung der Erwachsenen und der Kinder wurde bereits an anderen Stellen ausgeführt (s. Kapitel 2.3.3 und Kapitel 2.3.4). Die wichtigsten Kennzahlen sollen hier noch einmal erwähnt werden. Bei dem Gruppenvergleich der Erwachsenen konnten bei einseitiger Testung mit $\alpha = 0,05$, $\beta = 0,2$ (Teststärke $1 - \beta = 80\%$) und Gruppengrößen von $n = 37$ bzw. $n = 35$ Personen Effekte mit einer Größe von Cohens $d \geq |0,59|$ detektiert werden. In der Stichprobe der Kinder sollte entsprechend einer explorativen Analyse die α -Fehlerwahrscheinlichkeit auf $\alpha = 0,1$ erhöht werden. Bei Gruppengrößen von $n = 14$ und $n = 18$ Personen waren Effektstärken von Cohens $d \geq |0,77|$ zu erkennen.

Die Prüfung aller Verhaltensparameter auf Normalverteilung erfolgte mittels Kolmogorov-Smirnov-Tests, Shapiro-Wilk-Tests sowie visuell durch Beurteilung der Verteilung anhand der Histogramme. Die Normalverteilungsannahme galt als verletzt, wenn die Testergebnisse signifikant waren ($p \leq 0,05$) und die Histogramme deutliche Abweichungen von einer Normalverteilung erkennen ließen. Ferner wurde geprüft, ob in den beiden Stichproben Ausreißerwerte in den Basiskategoriesystemen ZKZ, Flächen und Bewegungen vorlagen. Als Ausreißer wurden solche Werte klassifiziert, die mehr als 3 Standardabweichungen (SD; standard deviation) vom Mittelwert (MW) abwichen.

Ziel dieser Arbeit war der Vergleich zweier Gruppen, die sich hinsichtlich ihrer mMPI-Werte nach Putzen unterschieden. Zur Prüfung der soziodemographischen Zusammensetzung, des selbstberichteten Mundhygieneverhaltens sowie des Interdentalhygieneverhaltens der Gruppen wurden Chi²-Tests (exakter Test) sowie

exakte Rangsummentests durchgeführt. Für normalverteilte, metrisch skalierte Variablen erfolgte der Gruppenvergleich mittels t-Tests. In der Stichprobe der Erwachsenen wurden aufgrund der Gruppengrößen ($n > 30$) und ähnlich großer Gruppen auch nicht normalverteilte, metrische Variablen mittels t-Tests verglichen (Sawilowsky und Blair 1992). Aufgrund der geringen Gruppengrößen in der Stichprobe der Kinder erfolgte bei Verletzung der Normalverteilung bei metrischen Variablen eine nicht parametrische Testung mittels exakten Rangsummentests. Ebenso wurde bei ordinalskalierten Variablen der Vergleich anhand eines exakten Rangsummentests durchgeführt. Neben der exakten Signifikanz wurden Effektstärken und 95 % - Konfidenzintervalle (CI) berichtet. Entsprechend Cohen (1988) wurden die Effektstärken für $d \geq |0,3|$, $d \geq |0,5|$ und $d \geq |0,8|$ als klein, mittel und groß beschrieben.

3 Ergebnisse

Im Folgenden werden nacheinander zunächst die Ergebnisse der Gruppenvergleiche der Erwachsenen und anschließend die der Kinder beschrieben. Dabei bezieht sich dieser Abschnitt auf die um Ausreißer bereinigten Stichproben. Die Ergebnisse der Extremgruppenvergleiche mit den Gesamtstichproben finden sich in Anhang F sowie in Anhang G. Sofern metrisch skalierte Variablen normalverteilt waren, werden der MW \pm SD berichtet. Bei Verletzung der Normalverteilung werden zusätzlich der Median (Mdn) und die Quartilsgrenzen des 1. und 3. Quartils (Q1; Q3) aufgeführt. Bei ordinalskalierten Variablen wird der Mdn (Q1; Q3) berichtet.

3.1 Stichprobe der Erwachsenen

Während der Videobeobachtung war bei einer erwachsenen Probandin im Unterkiefer ein Retainer erkennbar, der zuvor im Screening nicht aufgefallen war. Festsitzende kieferorthopädische Apparaturen galten in dieser Untersuchung als Ausschlusskriterium, da anzunehmen ist, dass diese die Mundhygienefähigkeit erschweren. Bei Prüfung der Gruppenzugehörigkeit ergab sich, dass die Probandin zur Gruppe mit *niedrigstem* mMPI gehörte. Auch der Vergleich der Parameter des Zahnputzvorgangs der Probandin mit den Daten der restlichen Gruppenangehörigen ergab keine auffälligen Abweichungen, sodass entschieden wurde, die Probandin in der Stichprobe zu belassen. Im Zuge der Bereinigung der Stichprobe um Ausreißer (MW \pm 3 SD) wurden vier Personen, je zwei aus jeder Gruppe, von den nachfolgenden Analysen ausgeschlossen.

3.1.1 Deskription der Stichprobe

Nach Eliminierung der Ausreißer verblieben in den beiden Gruppen $n = 35$ bzw. $n = 33$ Personen. Hinsichtlich der soziodemographischen Zusammensetzung der Stichprobe konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede beobachtet werden (s. Tabelle 17).

Tabelle 17. Vergleich der soziodemographischen Zusammensetzung der Erwachsenen.

	Niedrigster mMPI (n = 35)	Höchster mMPI (n = 33)	p
	n/n/n		
Altersgruppe (20J./35-44J./65-74J.)	9/20/6	8/17/8	0,763 ^C
Geschlecht (m/w)	13/22	18/15	0,223 ^C
CASMIN (niedrig/mittel/hoch)	1/21/13	5/19/9	0,173 ^R
Migrationshintergrund (ja/nein)	5/30	10/23	0,147 ^C

^CChi²-Test und ^RRangsummentest (zweiseitige Testung; exakte Tests)

Tabelle 18 berichtet die Ergebnisse der zahnmedizinischen Untersuchung. Beide Gruppen hatten zum Untersuchungszeitpunkt im Durchschnitt 27 Zähne und unterschieden sich diesbezüglich nicht. Auch im Hinblick auf den DMFT ergab sich kein Gruppenunterschied. Signifikante Unterschiede fanden sich dagegen beim mMPI und BoP.

Tabelle 18. Vergleich der klinischen Variablen der Erwachsenen.

	Niedrigster mMPI (n = 35)	Höchster mMPI (n = 33)	p	d	CI
	MW ± SD Mdn (Q1; Q3)				
Zahnzahl	26,5 ± 2,1 28,0 (24,0; 28,0)	26,7 ± 2,2 28,0 (25,5; 28,0)	0,728	- 0,09	[- 0,56; 0,39]
DMFT	7,4 ± 6,0 8,0 (1,0; 12,0)	8,9 ± 6,0 8,0 (4,5; 13,5)	0,304	- 0,25	[- 0,73; 0,23]
mMPI	16,6 ± 10,8 16,1 (7,2; 22,8)	85,7 ± 9,4 85,3 (78,6; 94,4)	< 0,001	- 6,84	[- 8,09; - 5,58]
BoP*	9,6 ± 13,8 2,3 (1,2; 19,2)	20,8 ± 14,8 14,8 (10,8; 26,9)	0,003	- 0,78	[- 1,29; - 0,27]

t-Test (zweiseitige Testung)

*Bei vier Teilnehmenden (eine Person aus Gruppe mit *niedrigstem* mMPI, drei Personen aus Gruppe mit *höchstem* mMPI) fehlten Angaben zum BoP.

Eine Übersicht über die Ergebnisse des selbstberichteten Mundhygieneverhaltens bietet Tabelle 19. Hinsichtlich der Häufigkeit des Zähneputzens mit einer manuellen oder elektrischen Zahnbürste konnten keine Gruppenunterschiede beobachtet werden, jedoch unterschieden sich beide Gruppen signifikant bei der Häufigkeit der Durchführung von Interdentalhygiene sowie einer PZR.

Tabelle 19. Vergleich des selbstberichteten Mundhygieneverhaltens der Erwachsenen.

	Niedrigster mMPI (n = 35)	Höchster mMPI (n = 33)	p
	n/n/n		
Häufigkeit Zähneputzen manuell (< 1x tgl./1x tgl./≥ 2x tgl.)	6/0/29	2/5/26	0,957
Häufigkeit Zähneputzen elektrisch (< 1x tgl./1x tgl./≥ 2x tgl.)	30/1/4	32/1/0	0,133
Häufigkeit Interdentalhygiene (< 1x pro Woche/mind. 1x pro Woche/mind. 1x tgl.)	10/13/12	21/6/6	0,008
Häufigkeit PZR* (< 1x im Jahr/1x im Jahr/≥ 2x im Jahr)	13/12/10	24/7/1	< 0,001

Rangsummentest (zweiseitige Testung; exakter Test)

*Bei einem Probanden aus der Gruppe mit *höchstem* mMPI fehlte die Angabe zur PZR.

Zur Prüfung der Forschungshypothesen wurden gemäß den operationalen Hypothesen für alle Parameter außer der ZKZ die prozentualen Anteile an der gesamten ZKZ bzw. der ZKZ an den Flächen als primäre Ergebnisparameter analysiert. Sie werden in den folgenden Kapiteln im Detail betrachtet. Tabelle 20 zeigt die zugehörigen Absolutzeiten der Untersuchungsgruppen.

Tabelle 20. Beschreibung des Zahnputzvorgangs der Erwachsenen.

	Niedrigster mMPI (n = 35)	Höchster mMPI (n = 33)
	MW ± SD Mdn (Q1; Q3)	
ZKZ (s)	139,8 ± 49,5	106,9 ± 38,6
Flächen (s)		
Okklusal	43,4 ± 27,1	45,1 ± 25,2
Vestibulär	60,4 ± 22,1	49,2 ± 23,3
Oral	57,3 (48,4; 69,6)	47,6 (33,7; 65,5)
	36,0 ± 25,6	12,6 ± 12,1
	31,3 (19,3; 50,7)	10,1 (0,0; 22,6)
Bewegungen an Vestibulär (s)		
Kreisend	38,5 ± 20,2	21,8 ± 21,2
	38,5 (28,6; 49,5)	15,6 (1,2; 35,7)
Horizontal	15,0 ± 13,2	21,7 ± 20,6
	10,0 (3,0; 28,5)	12,4 (6,6; 36,1)
Vertikal	6,6 ± 14,2	5,2 ± 12,4
	0,0 (0,0; 7,0)	0,0 (0,0; 3,2)
Bewegungen an Lateral (s)		
Elaboriert	59,1 ± 39,8	30,9 ± 24,2
	50,7 (30,8; 66,9)	26,6 (9,0; 50,6)

3.1.2 Prüfung der Forschungshypothesen

Abbildung 6 zeigt die erreichte ZKZ beider Gruppen. Die Teilnehmenden mit dem *niedrigstem* mMPI wiesen durchschnittlich eine ZKZ von 139,8 s (\pm 49,5 s) auf. Bei der Gruppe mit *höchstem* mMPI betrug die Dauer 106,9 s (\pm 38,6 s). Der Gruppenvergleich zeigte einen signifikanten Unterschied in erwarteter Richtung ($t(66) = 3,052$; $p = 0,002$ (einseitige Testung); Cohens $d = 0,74$; CI: [0,25; 1,23]). Abbildung 7 bietet einen Überblick über die Verteilung der ZKZ auf die Flächen. Die Prüfung der *Hypothese 2* erfolgte durch den Vergleich der Anteile der ZKZ an den Oralflächen. Es gab einen signifikanten Unterschied in erwarteter Richtung zwischen der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI (MW = 23,9 %; SD = 12,8 %) und der Gruppe mit *höchstem* mMPI (MW = 12,0 %; SD = 11,5 %) ($t(66) = 4,014$; $p < 0,001$ (einseitige Testung); Cohens $d = 0,97$; CI: [0,47; 1,47]).

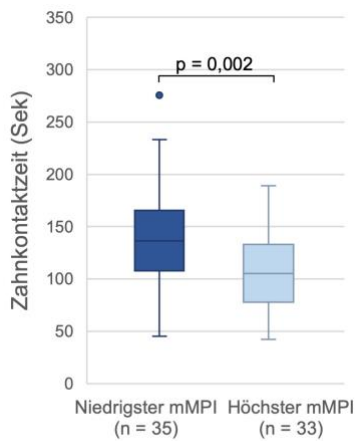


Abbildung 6. Boxplots zur Darstellung der ZKZ der Erwachsenen und des Ergebnisses des Gruppenvergleichs gemäß *Hypothese 1*.

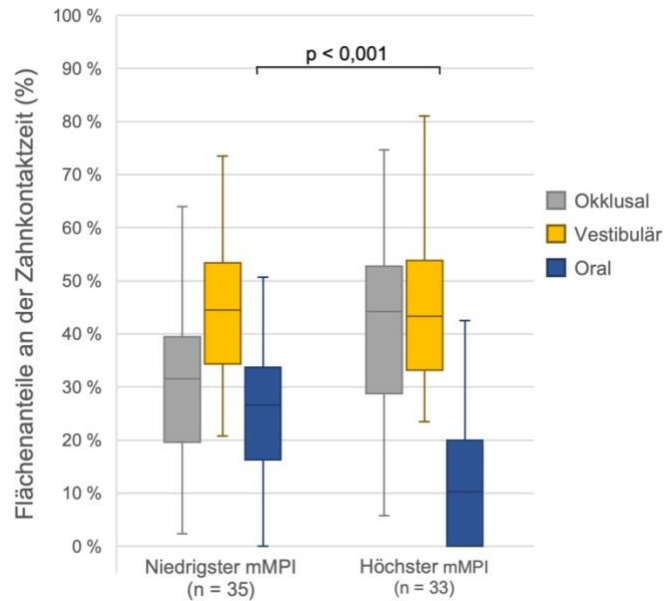


Abbildung 7. Boxplots zur Verteilung der ZKZ auf die Okklusal-, Vestibulär- und Oralfächen bei den Erwachsenen. Darstellung des Ergebnisses des Gruppenvergleichs gemäß *Hypothese 2*.

Der QIT-S dient als Maß zur Beurteilung der Verteilung der ZKZ auf die Sextanten. Eine Erläuterung des Index findet sich in Kapitel 2.4.2. Abbildung 8 zeigt die Verteilung der QIT-S Werte an den Oral- und Vestibulärflächen. Bezüglich des QIT-S Oral (*Hypothese 3*) zeigte sich zwischen der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI (Mdn = 6,0) und der Gruppe mit *höchstem* mMPI (Mdn = 3,0) ein signifikanter Unterschied in erwarteter Richtung ($p < 0,001$ (einseitige Testung)). Auch hinsichtlich des QIT-S Vestibulär (*Hypothese 4*) ergab sich ein signifikanter Unterschied in erwarteter Richtung ($p = 0,002$ (einseitige Testung)) zwischen der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI (Mdn = 9,0) und der Gruppe mit *höchstem* mMPI (Mdn = 8,0).

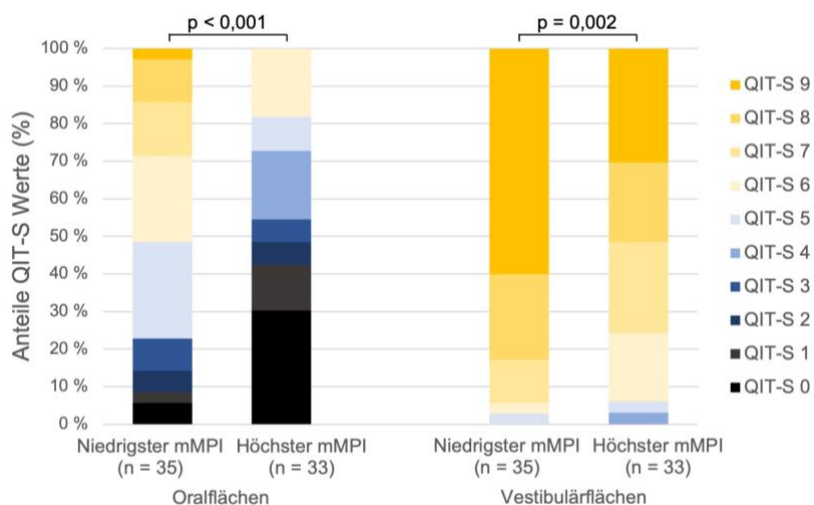


Abbildung 8. Stapeldiagramm zur Veranschaulichung der Verteilung der QIT-S Werte für die Oral- und Vestibulärflächen bei den Erwachsenen. Darstellung der Ergebnisse der Gruppenvergleiche gemäß *Hypothese 3* und *Hypothese 4*.

Einen Überblick über die Anteile der beobachteten Bewegungen an den Vestibulär- bzw. Lateralfächen bietet Abbildung 9. Für den Anteil kreisender Bewegungen an den Vestibulärflächen (*Hypothese 5*) lag zwischen der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI (MW = 64,8 %; SD = 27,0 %) und der Gruppe mit *höchstem* mMPI (MW = 45,1 %; SD = 37,9 %) ein signifikanter Unterschied in erwarteter Richtung vor (Test für ungleiche Varianzen $t(57,6) = 2,454$; $p = 0,009$ (einseitige Testung), Cohens $d = 0,60$; CI: [0,11; 1,09]). Auch der Vergleich des Anteils elaborierter Bewegungen an den Lateralfächen (*Hypothese 6*) ergab zwischen der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI (MW = 60,2 %; SD = 23,3 %) und der Gruppe mit *höchstem* mMPI (MW = 47,0 %; SD = 28,9 %) einen signifikanten Unterschied in erwarteter Richtung (Test für ungleiche Varianzen: $t(61,5) = 2,070$; $p = 0,021$ (einseitige Testung); Cohens $d = 0,51$; CI: [0,02; 0,99]).

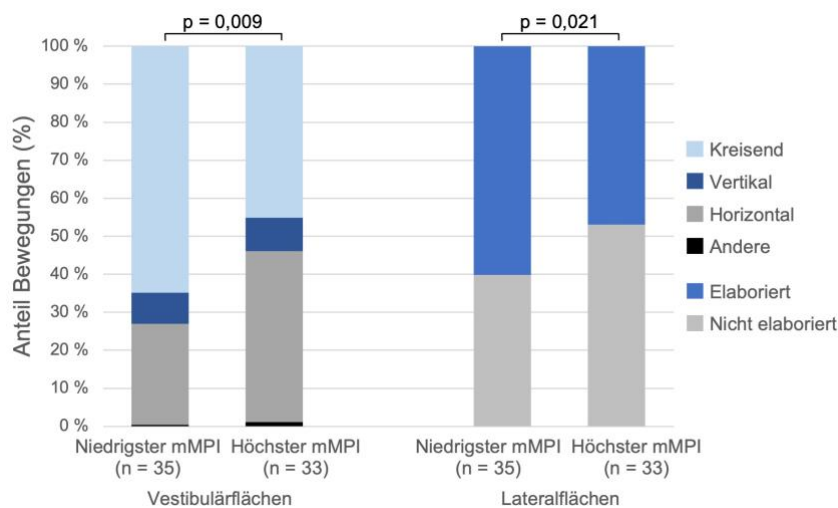


Abbildung 9. Stapeldiagramm zur Veranschaulichung der mittleren Anteile verschiedener Bürstbewegungen an den Vestibulär- und Lateralfächen bei den Erwachsenen. Darstellung der Ergebnisse der Gruppenvergleiche gemäß *Hypothese 5* und *Hypothese 6*. Bei der Darstellung der Lateralfächen sind die Bewegungsdaten für die Oralfächen von $n = 2$ Personen aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI und $n = 9$ Personen aus der Gruppe mit *höchstem* mMPI nicht enthalten, da sie diese nicht geputzt haben.

Zuletzt erfolgte die Auswertung der Interdentalhygiene (*Hypothese 7* und *Hypothese 8*). In der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI betrieben $n = 17$ Personen Interdentalhygiene, wohingegen in der Gruppe mit *höchstem* mMPI $n = 5$ Personen ihre Zahnzwischenräume reinigten. Daraus ergab sich ein signifikanter Gruppenunterschied in erwarteter Richtung (exakter 4-Felder-Test: $p = 0,003$ (einseitige Testung)). In dieser Gruppe verwendeten $n = 14$ Personen Zahnseide oder einen Zahnseidestick, von denen $n = 5$ Personen sich zusätzlich für die Verwendung einer Interdentalbürste oder eines Interdentalsticks entschieden. $n = 3$ Personen reinigten nur mit einer Interdentalbürste oder einem Interdentalstick. In der Gruppe mit *höchstem* mMPI verwendeten $n = 3$ Personen eine Zahnseide oder einen Zahnseidestick und $n = 2$ Personen entschieden sich für eine Interdentalbürste oder einen Interdentalstick. Zur Beurteilung der Korrektheit der Durchführung (*Hypothese 8*) wurde sowohl die Vollständigkeit als auch die Technik der

Durchführung ausgewertet. Die Anzahl der erreichten Interdentalräume konnte aufgrund visueller Einschränkungen bei der Videobeobachtung nicht valide beurteilt werden (s. Kapitel 2.4.3), sodass der Gruppenvergleich nachfolgend nur hinsichtlich der Ausprägungen *Erreichen mehrerer Interdentalräume vs. kein Erreichen mehrerer Interdentalräume* erfolgte. Bis auf eine Person aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI, die nur einen einzigen Interdentalraum reinigte, wurden in allen anderen Fällen mehrere Interdentalräume erreicht. Bezüglich der angewandten Technik konnte in keinem Fall eine korrekte Durchführung der Interdentalhygiene mit zahnseidenen Hilfsmitteln beobachtet werden.

3.1.3 Explorative Analyse

Um auszuschließen, dass die Ergebnisse der Hypothesenprüfung im Zusammenhang mit der Häufigkeit der PZR stand, wurde zusätzlich nur die Subgruppe betrachtet, welche angab, noch keine PZR erhalten zu haben. Auch dabei zeigte sich bei allen Hypothesen der Gruppenunterschied in erwarteter Richtung bei mittleren bis hohen Effektstärken, wie in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21. Gruppenvergleich innerhalb der Subgruppe der Erwachsenen, die noch nie bei der PZR war.

Niedrigster mMPI (n = 7)	Höchster mMPI (n = 12)	d	CI
MW ± SD Mdn (Q1; Q3)			
Zahnkontaktzeit (s)			
146,0 ± 43,6	105,2 ± 35,2	1,07	[0,05; 2,05]
Anteil Oral an ZKZ (%)			
22,8 ± 15,6	11,0 ± 11,2	0,91	[- 0,08; 1,88]
QIT-S Oral			
6,0 (3,0; 8,0)	1,0 (0,0; 4,75)		
QIT-S Vestibulär			
8,0 (8,0; 9,0)	7,5 (6,0; 8,75)		
Anteil kreisender Bew. an ZKZ (%)			
69,4 ± 38,3	43,4 ± 44,2	0,62	[- 0,35; 1,56]
Anteil elaborierter Bew. an ZKZ (%)			
66,2 ± 29,7	40,3 ± 32,0	0,83	[- 0,15; 1,79]

Um zu prüfen, ob die Interdentalhygiene in Zusammenhang zur Plaque und Blutung stand, wurden innerhalb der Personen mit *niedrigstem* mMPI zunächst jene, die Interdentalhygiene betrieben mit denjenigen, die keine Interdentalhygiene durchführten, verglichen. Dabei zeigten sich sowohl für den mMPI als auch für den BoP Unterschiede bei kleinen Effektstärken (s. Tabelle 22).

Tabelle 22. Gruppenvergleich innerhalb der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI der Erwachsenen hinsichtlich der Durchführung von Interdentalhygiene.

	Durchführung von Interdentalhygiene		d	CI
	Ja (n = 17)	Nein (n = 18)		
	MW ± SD			
mMPI Gesamt	15,4 ± 9,3	17,6 ± 12,1	- 0,20	[- 0,86; 0,47]
mMPI Approximal	17,8 ± 9,3	20,2 ± 12,9	- 0,21	[- 0,88; 0,45]
BoP*	6,8 ± 8,7	12,4 ± 17,3	- 0,41	[- 1,09; 0,27]

*Bei einem Probanden aus der Subgruppe *Durchführung von Interdentalhygiene = nein* fehlte die Angabe zum BoP.

In einem nächsten Schritt wurden diejenigen Personen, die Interdentalhygiene betrieben und aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI stammten, im Hinblick auf die verwendeten Hilfsmittel einander gegenübergestellt. Dabei wurde unterschieden zwischen der alleinigen Verwendung von Zahnseide (Zahnseide, Zahnseidestick) und der Verwendung anderer Hilfsmittel (Interdentalbürste, -stick, ggf. in Kombination mit Zahnseide). Für den mMPI ergaben sich Gruppenunterschiede mit großer Effektstärke, wohingegen diese beim BoP klein blieben (s. Tabelle 23).

Tabelle 23. Gruppenvergleich innerhalb der Personen aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI und *Durchführung von Interdentalhygiene = ja* hinsichtlich der verwendeten Hilfsmittel.

	Verwendete Hilfsmittel		d	CI
	Nur Zahnseide (n = 9)	Andere (n = 8)		
	MW ± SD			
mMPI Gesamt	19,3 ± 9,5	11,1 ± 7,3	0,96	[- 0,07; 1,20]
mMPI Approximal	21,1 ± 9,1	14,0 ± 8,6	0,81	[- 0,20; 1,79]
BoP	7,3 ± 10,0	6,3 ± 7,6	0,11	[- 0,84; 1,06]

3.2 Stichprobe der Kinder

Für die Probandenauswahl der Kinder sollten von jedem Untersuchungsteam etwa 5 % der Kinder mit *niedrigstem* respektive *höchstem* mMPI ausgewählt werden. Auf Basis der Verhaltensbeobachtungen wurde ein Kind als Ausreißer (MW ± 3 SD) identifiziert und von den weiteren Analysen ausgeschlossen.

3.2.1 Deskription der Stichprobe

Nach Ausschluss des Ausreißers ergaben sich Gruppengrößen von n = 14 Kindern mit *niedrigstem* mMPI und n = 17 Kindern mit *höchstem* mMPI. Tabelle 24 zeigt die soziodemographische Zusammensetzung dieser Stichprobe. Sowohl bei der Geschlechterverteilung, bei dem Bildungsstatus der Eltern sowie beim Migrationshintergrund gab es keinen signifikanten Gruppenunterschied.

Tabelle 24. Vergleich der soziodemographischen Zusammensetzung der Kinder.

	Niedrigster mMPI (n = 14)	Höchster mMPI (n = 17)	p
	n/n/n		
Geschlecht (m/w)	6/8	7/10	1,000 ^C
CASMIN Eltern* (niedrig/mittel/hoch)	0/7/6	3/9/5	0,227 ^R
Migrationshintergrund (ja/nein)	3/11	10/7	0,067 ^C

^CChi²-Test sowie ^RRangsummentest (zweiseitige Testung; exakte Tests)

*Bei einem Kind aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI fehlte die Angabe zum elterlichen CASMIN.

Die zahnmedizinische Untersuchung ergab für beide Gruppen eine durchschnittliche Zahnzahl von 26 Zähnen und einen signifikanten Unterschied im Hinblick auf den mMPI (s. Tabelle 25).

Tabelle 25. Vergleich der klinischen Variablen der Kinder.

	Niedrigster mMPI (n = 14)	Höchster mMPI (n = 17)	p
	MW ± SD Mdn (Q1; Q3)		
Zahnzahl	25,6 ± 2,3 26,0 (23,0; 28,0)	25,9 ± 2,4 26,0 (24,0; 28,0)	0,596
DMFT	0,2 ± 0,6 0,0 (0,0; 0,0)	1,5 ± 2,0 0,0 (0,0; 2,5)	0,036
mMPI	17,2 ± 10,9 20,2 (5,4; 25,1)	96,0 ± 8,1 100 (97,0; 100)	< 0,001

Rangsummentest (zweiseitige Testung; exakter Test)

Der BoP wurde bei den Kindern nicht erfasst.

In Tabelle 26 sind die Ergebnisse zum selbstberichteten Mundhygieneverhalten dargestellt. Sowohl im Hinblick auf die Häufigkeit des Zähneputzens mit einer manuellen oder einer elektrischen Zahnbürste als auch mit Blick auf die Häufigkeit der Durchführung von Interdentalhygiene ließen sich keine signifikanten Gruppenunterschiede beobachten.

Tabelle 26. Vergleich des selbstberichteten Mundhygieneverhaltens der Kinder.

	Niedrigster mMPI (n = 14)	Höchster mMPI (n = 17)	p
	n/n/n		
Häufigkeit Zähneputzen manuell (< 1x tgl./1 x tgl./≥ 2x tgl.)	1/1/12	3/3/11	0,222
Häufigkeit Zähneputzen elektrisch (< 1x tgl./1 x tgl./≥ 2x tgl.)	13/0/1	15/2/0	1,000
Häufigkeit Interdentalhygiene (< 1x pro Woche/mind. 1x pro Woche/mind. 1x tgl.)	12/2/0	14/1/2	0,745

Rangsummentest (zweiseitige Testung; exakter Test)

Die Häufigkeit der PZR wurde bei den Kindern nicht erfasst.

Die Hypothesenprüfung erfolgt vorwiegend durch den Vergleich der prozentualen Anteile der Parameter an der gesamten ZKZ bzw. der ZKZ an den Flächen. Zur erleichterten

Einordnung bietet Tabelle 27 eine Übersicht über die erreichten Absolutzeiten beider Untersuchungsgruppen.

Tabelle 27. Beschreibung des Zahnputzvorgangs der Kinder.

	Niedrigster mMPI (n = 14)	Höchster mMPI (n = 17)
	MW ± SD Mdn (Q1; Q3)	
ZKZ (s)	155,6 ± 52,4 158,3 (100,7; 200,8)	120,0 ± 75,9 124,9 (62,9; 162,7)
Flächen (s)		
Okklusal	78,0 ± 43,7 72,5 (39,0; 121,8)	46,3 ± 35,3 50,4 (14,7; 69,0)
Vestibulär	67,6 ± 21,5 61,0 (57,3; 79,0)	64,4 ± 49,7 43,6 (29,3; 87,7)
Oral	10,0 ± 15,2 2,9 (0,6; 17,5)	9,3 ± 15,7 0,0 (0,0; 18,2)
Bewegungen an Vestibulär (s)		
Kreisend	35,1 ± 25,3 37,4 (15,1; 49,2)	13,6 ± 17,3 4,5 (0,5; 26,1)
Horizontal	29,0 ± 23,8 21,6 (10,0; 41,3)	43,1 ± 53,1 23,9 (10,3; 59,3)
Vertikal	3,1 ± 6,9 0,0 (0,0; 2,0)	5,6 ± 11,8 0,5 (0,0; 4,0)
Bewegungen an Lateral (s)		
Elaboriert	41,7 ± 27,0 45,5 (18,7; 64,2)	23,8 ± 28,3 8,1 (2,8; 48,3)

3.2.2 Prüfung der Forschungshypothesen

Zum Ausgleich der geringen Gruppengrößen und der damit einhergehenden Verringerung der Teststärke sollte in der Stichprobe der Kinder bei Prüfung der Forschungshypothesen das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0,1$ erhöht werden (s. Kapitel 2.3.4.1). Alle im Folgenden dargestellten Hypothesentests mussten aufgrund des Skalenniveaus der Daten oder wegen einer deutlichen Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung nicht-parametrisch durch exakte Rangsummentests erfolgen. Daher unterbleibt an dieser Stelle die Darstellung der Effektstärken sowie der zugehörigen Konfidenzintervalle.

Die ZKZ (*Hypothese 1*) beider Gruppen sind in Abbildung 10 dargestellt. In der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI betrug die durchschnittliche ZKZ 155,6 s ($\pm 52,4$ s), während in der Gruppe mit *höchstem* mMPI 120,0 s ($\pm 75,9$ s) geputzt wurde. Der Gruppenvergleich ergab einen signifikanten Gruppenunterschied in erwarteter Richtung ($p = 0,024$ (einseitige Testung)). Die Verteilung der ZKZ auf die einzelnen Flächen ist in Abbildung 11 dargestellt. *Hypothese 2* bezieht sich auf die Anteile der oralen ZKZ an der gesamten ZKZ. Beim Vergleich beider Gruppen ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen

der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI (Mdn = 2,2 %) und *höchstem* mMPI (Mdn = 0,0 %) ($p = 0,153$ (einseitige Testung)).

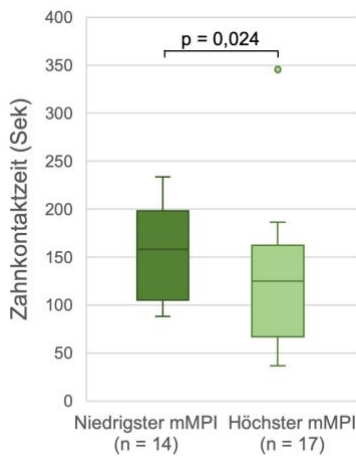


Abbildung 10. Boxplots zur Darstellung der ZKZ der Kinder und des Ergebnisses des Gruppenvergleichs gemäß *Hypothese 1*.

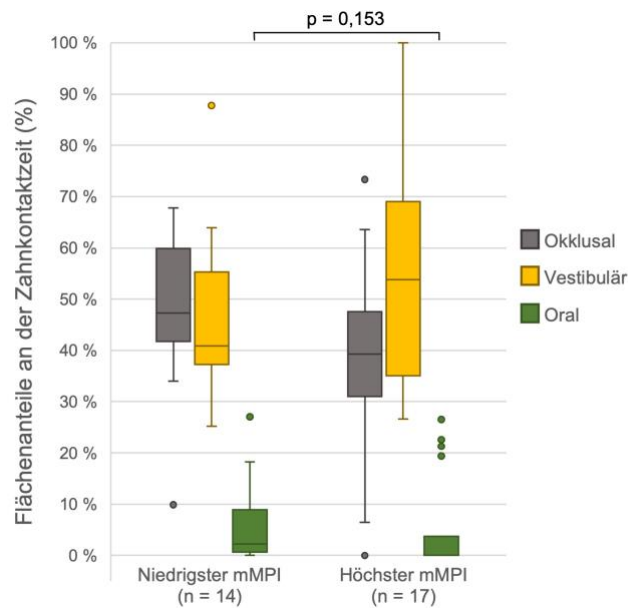


Abbildung 11. Boxplots zur Verteilung der ZKZ auf die Okklusal-, Vestibulär- und Oralflächen bei den Kindern. Darstellung des Ergebnisses des Gruppenvergleichs gemäß *Hypothese 2*.

Die jeweils erreichten QIT-S Werte an den Oral- und Vestibulärflächen sind in *Abbildung 12* dargestellt. Der Gruppenvergleich der QIT-S Werte an den Oralflächen (*Hypothese 3*) ergab keinen signifikanten Unterschied in erwarteter Richtung zwischen der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI (Mdn = 1,5) und der Gruppe mit *höchstem* mMPI (Mdn = 0,0) ($p = 0,190$ (einseitige Testung)). Für die QIT-S Werte an den Vestibulärflächen (*Hypothese 4*) lag ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI (Mdn = 9,0) und der Gruppe mit *höchstem* mMPI (Mdn = 8,0) vor ($p < 0,001$ (einseitige Testung)).

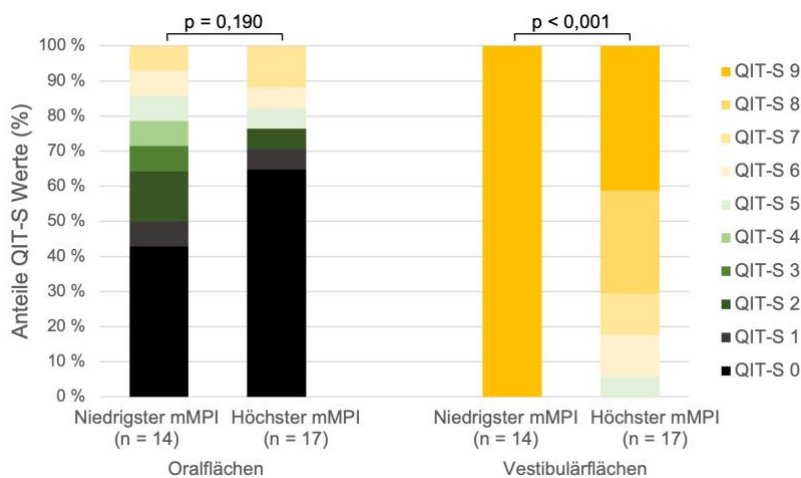


Abbildung 12. Stapeldiagramm zur Veranschaulichung der Verteilung der QIT-S Werte für die Oral- und Vestibulärflächen bei den Kindern. Darstellung der Ergebnisse der Gruppenvergleiche gemäß *Hypothese 3* und *Hypothese 4*.

Die Verteilung der beobachteten Bewegungen an den Lateralfächen ist in Abbildung 13 dargestellt. Für den Anteil kreisender Bewegungen an den Vestibulärflächen (*Hypothese 5*) lag zwischen der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI (Mdn = 57,1 %) und der Gruppe mit *höchstem* mMPI (Mdn = 12,9 %) ein signifikanter Unterschied in erwarteter Richtung vor ($p = 0,092$ (einseitige Testung)). Der Vergleich der Anteile elaborierter Bewegungen an den Lateralfächen (*Hypothese 6*) ergab zwischen den Gruppen mit *niedrigstem* mMPI (Mdn = 63,4 %) und *höchstem* mMPI (Mdn = 23,0 %) keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,142$ (einseitige Testung)).

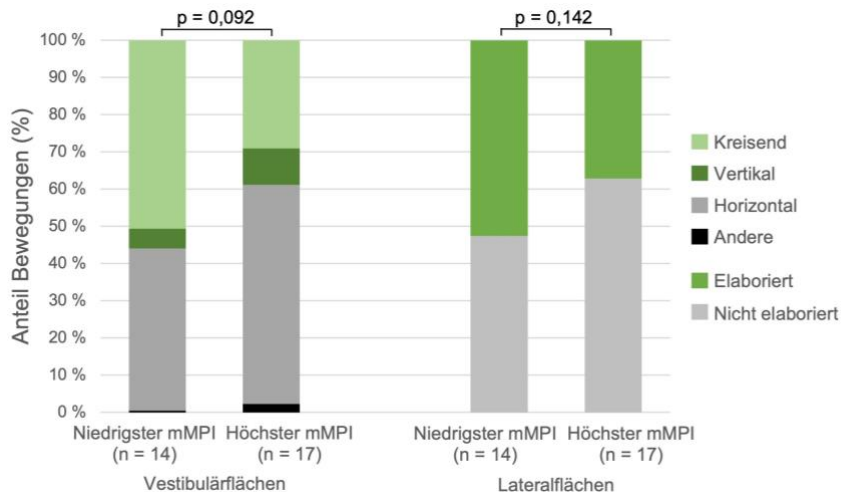


Abbildung 13. Stapeldiagramm zur Veranschaulichung der mittleren Anteile verschiedener Bürstbewegungen an den Vestibulär- und Lateralfächen bei den Kindern. Darstellung der Ergebnisse der Gruppenvergleiche gemäß *Hypothese 5* und *Hypothese 6*. Bei den Lateralfächen sind die Bewegungsdaten für die Oralfächen von $n = 3$ Kindern aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI und $n = 9$ Kindern aus der Gruppe mit *höchstem* mMPI nicht enthalten, da sie diese nicht geputzt haben.

Eine Überprüfung der Hypothesen zum Interdentalhygieneverhalten der Kinder erübrigte sich, da insgesamt nur $n = 3$ Kinder (darunter zwei aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI) Interdentalhygiene betrieben.

3.2.3 Explorative Analyse

Da die Verteilung des Migrationshintergrunds innerhalb beider Untersuchungsgruppen unterschiedlich war, wurden die Gruppenvergleiche entlang der Hypothesen nochmals separat für die Kinder *ohne* und *mit* Migrationshintergrund gerechnet, um zu prüfen, ob sich hier ähnliche Effektstärken wie beim Vergleich der Gesamtgruppe ergeben (s. Tabelle 28). Zusätzlich wurde analysiert, wie groß die Unterschiede zwischen den Kindern *ohne* und *mit* Migrationshintergrund innerhalb der Kinder mit *höchstem* mMPI waren. Aufgrund der geringen Zahl von Kindern *mit* Migrationshintergrund in der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI ($n = 3$) wurde diese Subgruppe in die Effektstärkenanalysen nicht einbezogen.

Tabelle 28. Deskriptive Vergleiche der Kinder innerhalb der Subgruppen *ohne* und *mit* Migrationshintergrund.

Ohne Migrationshintergrund		Mit Migrationshintergrund	
Niedrigster mMPI (n = 11)	Höchster mMPI (n = 7)	Niedrigster mMPI (n = 3) [†]	Höchster mMPI (n = 10)
MW ± SD Mdn (Q1; Q3)			
ZKZ (s)			
168,7 ± 50,7 [◇]	111,2 ± 48,8 [◇]	107,6 ± 24,7	126,1 ± 92,5
Anteil Oral an ZKZ (%)			
5,3 ± 8,2	10,7 ± 11,6 [#]	8,8 ± 8,3	2,4 ± 6,7 [#]
QIT-S Oral			
0,0 (0,0; 4,0)	2,0 (0,0; 7,0)	2,0 (1,0; -)	0,0 (0,0; 0,25)
QIT-S Vestibulär			
9,0 (9,0; 9,0)	8,0 (7,0; 9,0)	9,0 (9,0; 9,0)	8,5 (6,75; 9,0)
Anteil kreisender Bew. an Vestibulär (%)			
48,0 ± 35,0	59,6 ± 37,6 [#]	60,3 ± 6,8	7,7 ± 9,0 [#]
Anteil elaborierter Bew. an Lateral (%)			
50,0 ± 33,8	72,7 ± 18,2 [#]	62,1 ± 16,2	12,2 ± 15,8 [#]

Die Farben kennzeichnen Gruppenunterschiede, die in hypothesenkonforme (grün) bzw. unerwartete Richtung zeigen (orange).

[◇]Gruppenunterschied mit hoher Effektstärke ($d \geq 0,8$) zwischen Kindern *ohne* Migrationshintergrund.

[#]Gruppenunterschied mit hoher Effektstärke ($d \geq 0,8$) zwischen Kindern *ohne* und *mit* Migrationshintergrund und *höchstem* mMPI.

[†]Wegen ihrer geringen Fallzahl werden für Vergleiche mit dieser Subgruppe keine Effektstärken berichtet.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Subgruppenvergleiche sind in Tabelle 29 weitere deskriptive Merkmale der Subgruppen dargestellt.

Tabelle 29. Weitere deskriptive Merkmale der Kinder innerhalb der Subgruppen *ohne* und *mit* Migrationshintergrund.

	<i>Ohne</i> Migrationshintergrund		<i>Mit</i> Migrationshintergrund	
	Niedrigster mMPI (n = 11)	Höchster mMPI (n = 7)	Niedrigster mMPI (n = 3)	Höchster mMPI (n = 10)
	MW ± SD n/n			
mMPI				
Gesamt	18,7 ± 10,7	92,7 ± 10,7	11,6 ± 11,5	98,3 ± 5,0
Vestibulär	20,6 ± 14,5	91,6 ± 14,1	4,4 ± 3,0	99,8 ± 0,4
Oral	16,8 ± 13,8	93,8 ± 11,6	18,8 ± 20,2	96,8 ± 10,1
DMFT	0,1 ± 0,3	0,6 ± 1,0	0,7 ± 1,2	2,1 ± 2,3
Geburtsland Deutschland (ja/nein)			1/2	0/10
ZKZ (s)	168,7 ± 50,7	111,2 ± 48,8	107,6 ± 24,7	126,1 ± 92,5
Flächen (s)				
Okklusal	91,6 ± 38,7	51,8 ± 23,6	28,1 ± 12,8	42,4 ± 42,4
Vestibulär	66,7 ± 15,0	43,3 ± 13,1	71,2 ± 43,1	79,3 ± 60,6
Oral	10,4 ± 17,0	16,1 ± 18,3	8,4 ± 6,8	4,5 ± 12,4
Bewegungen an Vestibulär (s)				
Kreisend	32,5 ± 24,4	26,7 ± 19,3	44,6 ± 32,0	4,5 ± 7,8
Horizontal	31,4 ± 25,9	8,5 ± 6,2	20,4 ± 13,7	67,3 ± 58,3
Vertikal	2,5 ± 6,6	8,0 ± 13,8	5,5 ± 8,9	4,0 ± 10,6
Bewegungen an Lateral (s)				
Elaboriert	39,1 ± 27,1	45,0 ± 27,5	51,2 ± 29,6	8,9 ± 18,0

4 Diskussion

Die Daten der DMS · 6 bestätigen vorangehende Untersuchungen, die vermuten ließen, dass auf Bevölkerungsebene ein Defizit besteht hinsichtlich der Fertigkeit, Plaquefreiheit beim Zähneputzen zu erreichen (Deinzer et al. 2025; Deinzer und Jordan 2024; Weik et al. 2023; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Harnacke et al. 2015). Zugleich ist wissenschaftlich bislang nicht hinreichend untersucht, welche Aspekte des Zahnputzvorgangs mit Plaquefreiheit assoziiert sind (Deinzer et al. 2024b; Sälzer et al. 2020; Wainwright und Sheiham 2014). In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Untersuchungen in Form von Videobeobachtungsstudien durchgeführt mit dem Ziel, das Verständnis für das Zähneputzen in der Bevölkerung zu verbessern und damit zu erschließen, was die zugrundeliegenden Ursachen für die regelhaft hohen Plaquewerte nach Putzen sind. Ein zentrales methodisches Problem bisheriger Studien war die Tatsache, dass innerhalb der Stichproben nur einzelne Personen weitgehende Plaquefreiheit nach Putzen erreichten. Hierin lag der Ansatz der vorliegenden Arbeit: Auf Basis einer deutschlandweiten Untersuchung mit Aufzeichnung des Zahnputzvorgangs von mehr als 2.000 Personen sollten erstmalig ausreichend viele Personen mit niedrigen Plaquewerten identifiziert und nachfolgend im Extremgruppenvergleich denjenigen mit hohen Plaquewerten gegenübergestellt werden. Zugleich sollten mit diesem Ansatz die bislang nur in einer einzelnen hessischen Region erfassten Parameter nun in einer gesamtdeutschen Stichprobe analysiert werden. Der Zahnputzvorgang der Kontrastgruppen wurde systematisch hinsichtlich der Putzdauer, der erreichten Flächen und Sextanten, der angewandten Bürstbewegungen sowie der Interdentalhygiene ausgewertet. Ursprünglich sollte der Gruppenvergleich über alle Altersgruppen hinweg gemeinsam erfolgen, jedoch waren bei der Zusammenstellung der Untersuchungsgruppen die 12-Jährigen in der Gruppe mit den *höchsten* Plaquewerten überrepräsentiert, sodass die Analyse der Daten der Erwachsenen und der Kinder separat erfolgte. Das Ziel war es innerhalb dieser Stichproben zu prüfen, ob und hinsichtlich welcher Verhaltensaspekte sich der Zahnputzvorgang von den Personen mit den *niedrigsten* Plaquewerten nach Putzen von denjenigen mit den *höchsten* Plaquewerten unterscheidet.

Im Nachfolgenden soll die Fragestellung anhand der Ergebnisse der Hypothesenprüfungen beantwortet werden, bevor die Einordnung der Besonderheiten beider Stichproben zur Abschätzung der Übertragbarkeit der Ergebnisse sowie die Diskussion der Ergebnisse im Forschungskontext erfolgt. Final wird auf die Limitation der Arbeit eingegangen und abschließend eine Schlussfolgerung sowie ein Ausblick dargestellt.

4.1 Beantwortung der Fragestellung

Der Vergleich beider Gruppen erfolgte hinsichtlich solcher Verhaltensaspekte, die auf Basis aktueller Erkenntnisse eine effektivere Zahnreinigung vorhersagen könnten. Die Herleitung der entsprechenden Forschungshypothesen erfolgte bereits in Kapitel 1.5. Tabelle 30 und Tabelle 31 fassen die Ergebnisse der statistischen Hypothesenprüfung und die daraus abzuleitenden Entscheidungen über die Annahme oder das Verwerfen der Hypothesen zusammen.

Tabelle 30. Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesentestung bei den Erwachsenen.

Niedrigster mMPI (n = 35)	Höchster mMPI (n = 33)	df	p	d	CI
MW ± SD Mdn (Q1; Q3) n/n					
Hypothese 1 - Zahnkontaktzeit (s) - angenommen					
139,8 ± 49,5	106,9 ± 38,6	66,0	0,002 ^T	0,74	[0,25; 1,23]
Hypothese 2 - Anteil Oral an ZKZ (%) - angenommen					
23,9 ± 12,8	12,0 ± 11,5	66,0	< 0,001 ^T	0,97	[0,47; 1,47]
26,6 (15,2; 34,0)	10,3 (0,0; 20,0)				
Hypothese 3 - QIT-S Oral - angenommen					
6,0 (5,0; 7,0)	3,0 (0,0; 5,0)		< 0,001 ^R		
Hypothese 4 - QIT-S Vestibulär - angenommen					
9,0 (8,0; 9,0)	8,0 (6,5; 9,0)		0,002 ^R		
Hypothese 5 - Anteil kreisender Bew. an Vestibulär (%) - angenommen					
64,8 ± 27,0	45,1 ± 37,9	57,6	0,009 ^T	0,60	[0,11; 1,09]
69,7 (47,7; 89,2)	38,4 (4,4; 83,0)				
Hypothese 6 - Anteil elaborierter Bew. an Lateral (%) - angenommen					
60,2 ± 23,3	47,0 ± 28,9	61,5	0,021 ^T	0,51	[0,02; 0,99]
61,4 (36,7; 83,5)	54,4 (23,2; 73,6)				
Hypothese 7 - Durchführung von Interdentalthygiene (ja/nein) - angenommen					
17/18	5/28		0,003 ^C		

^Tt-Test, ^RRangsummentest und ^CChi²-Test (einseitige Testung; exakte Tests)

Für den Gruppenvergleich der Erwachsenen konnten nahezu alle Alternativhypothesen (H1) bei mittleren bis hohen Effektstärken angenommen werden. Lediglich hinsichtlich der Korrektheit der Anwendung von Zahnseide in ihren Variationen (Zahnseide, Zahnseidesticks) ergab sich nicht der erwartete Unterschied, da niemandem eine korrekte Anwendung gelang. Eine Sensitivitätsanalyse wies darauf hin, dass die Ergebnisse auch für Teilnehmende galten, die noch nie an einer PZR teilgenommen haben. Für die Stichprobe der Erwachsenen kann damit festgehalten werden, dass sich das Zahnputzverhalten zwischen den beiden Gruppen umfänglich unterscheidet. Die Personen mit den *niedrigsten* Plaquewerten putzten ihre Zähne insgesamt länger, verwendeten einen höheren Anteil der Putzzeit auf die Oralflächen und verteilten die Putzzeit auch über die Sextanten so, dass sie insgesamt mehr Sextanten mit einer

längeren Putzzeit erreichten. Auch hinsichtlich der Bürstbewegungen und der Interdentalhygiene ergaben sich hypothesenkonforme Unterschiede, die insgesamt zeigten, dass sie einen höheren Anteil der Putzzeit auf elaborierte Bewegungen aufwandten und mehr Personen Interdentalhygiene betrieben.

Tabelle 31. Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesentestung bei den Kindern.

Niedrigster mMPI (n = 14)	Höchster mMPI (n = 17)	p
MW ± SD Mdn (Q1; Q3)		
Hypothese 1 - Zahnkontaktzeit (s) - angenommen		
155,6 ± 52,4 158,3 (100,7; 200,8)	120,0 ± 75,9 124,9 (62,9; 162,7)	0,024
Hypothese 2 - Anteil Oral an ZKZ (%) - bedingt verworfen		
6,1 ± 8,0 2,2 (0,3; 9,5)	5,9 ± 9,6 0,0 (0,0; 11,6)	0,153
Hypothese 3 - QIT-S Oral - bedingt verworfen		
1,5 (0,0; 4,25)	0,0 (0,0; 3,5)	0,190
Hypothese 4 - QIT-S Vestibulär - angenommen		
9,0 (9,0; 9,0)	8,0 (7,0; 9,0)	< 0,001
Hypothese 5 - Anteil kreisender Bew. an Vestibulär (%) - angenommen		
50,7 ± 31,3 57,1 (25,5; 74,1)	29,1 ± 35,6 12,9 (1,6; 58,2)	0,092
Hypothese 6 - Anteil elaborierter Bew. an Lateral (%) - bedingt verworfen		
52,6 ± 30,8 63,4 (28,7; 75,9)	37,1 ± 34,8 23,0 (5,9; 67,8)	0,142
Rangsummentest (einseitige Testung; exakter Test)		

Auch bei den Kindern zeichneten sich entsprechende Gruppenunterschiede ab. Allerdings waren die Gruppengrößen geringer, was trotz Anpassung der α -Fehlerwahrscheinlichkeit zu einer deutlich geringeren Testpower führte, sodass einige Ergebnisse nicht signifikant wurden und die entsprechenden Alternativhypothesen bedingt verworfen werden mussten. Aus den Sensitivitätsanalysen ergab sich, dass der Migrationshintergrund wahrscheinlich eine relevante Moderatorvariable der Unterschiede zwischen den Kindern mit den *niedrigsten* und *höchsten* Plaquewerten nach Putzen war. Bei der Beantwortung der Fragestellung bei den Kindern ergibt sich damit ein differenzierteres Bild. Es scheint Verhaltensunterschiede zu geben, die allerdings nicht immer hypothesenkonform sind, wenn man den zusätzlichen Faktor Migrationshintergrund beleuchtet. Im Folgenden sollen die Stichproben selbst sowie die Ergebnisse innerhalb dieser in den Kontext vorangehender Arbeiten gesetzt werden.

4.2 Einordnung der Stichproben

Die Einordnung der Stichproben erfolgt auf Basis der Gesamtstichprobe der DMS · 6. Ein Auszug der Daten ist bei Jordan et al. (2025) veröffentlicht. Bei den Erwachsenen lassen sich im Hinblick auf das Geschlecht, den Bildungsstatus, den Migrationshintergrund, die Häufigkeit des Zähneputzens sowie den DMFT keine relevanten Unterschiede im Vergleich zur Gesamtstichprobe feststellen. Bei der Häufigkeit der Interdentalhygiene und der Häufigkeit der PZR liegen die Werte der Extremgruppen jeweils über bzw. unter den erreichten Werten in der Gesamtstichprobe. Damit ergeben sich für die Untersuchungsgruppen der Erwachsenen auf Basis der Stichprobencharakteristika keine unerwarteten Abweichungen von der Gesamtstichprobe. In der Stichprobe der Kinder liegt der Anteil der weiblichen Teilnehmenden mit 58 % knapp über dem der Gesamtstichprobe. Hinsichtlich des Bildungsstatus der Eltern, der Häufigkeit des Zähneputzens sowie der Zahnzahl lassen sich keine relevanten Unterschiede feststellen. Der durchschnittliche DMFT der Gesamtstichprobe liegt jeweils zwischen den Mittelwerten der beiden Extremgruppen. Im Vergleich zur Gesamtstichprobe geben in beiden Extremgruppen weniger Kinder an Interdentalhygiene regelmäßig zu betreiben. Der eindrucklichste Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen dieser Arbeit und der Gesamtstichprobe ergibt sich beim Migrationshintergrund. Der Anteil an Kindern *mit* Migrationshintergrund entspricht in der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI mit 21 % etwa demjenigen der Gesamtstichprobe. In der Gruppe mit *höchstem* mMPI liegt dieser Anteil bei 59 %.

Auf Basis der Einordnung der Stichprobencharakteristika sollen im Nachfolgenden zunächst die Ergebnisse dieser Untersuchung in den Kontext aktueller Forschung gesetzt werden, bevor anschließend zusammenfassend auf ihre Bedeutung eingegangen wird. Dabei werden die Stichproben der Erwachsenen und der Kinder separat betrachtet.

4.2.1 Stichprobe der Erwachsenen

4.2.1.1 Wissenschaftliche Einordnung der Ergebnisse

Beim Vergleich des Zahnputzvorgangs beider Untersuchungsgruppen mit den Beobachtungen vorangehender Arbeiten lassen sich Parallelen zwischen der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI und den Studienteilnehmenden der Laboruntersuchungen feststellen, wohingegen der Zahnputzvorgang der Gruppe mit *höchstem* mMPI hinsichtlich aller Verhaltensaspekte deutlich unter dem liegt, was bisher bekannt ist. Hinsichtlich der ZKZ an den Oralfächern sind die Personen mit *niedrigstem* mMPI

vergleichbar mit den im Labor gewonnenen Daten und zeigten sogar eine eher bessere Verteilung dieser Putzzeit über die Sextanten, sodass es insgesamt im Durchschnitt zu weniger Vernachlässigungen kam (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a). Ganz anders konnte dies bei der Gruppe mit *höchstem* mMPI beobachtet werden. Deren orale ZKZ war erheblich kürzer als das, was bislang im Labor betrachtet wurde und die Verteilung dieser Zeit über die Sextanten war deutlich ungünstiger, sodass es zu erheblich mehr Vernachlässigungen kam. Auch beim Vergleich des Anteils sogenannter elaborierter Bewegungen beim Putzen decken sich die Beobachtungen bei den Personen mit *niedrigstem* mMPI mit Befunden vorangehender Arbeiten, während der Anteil elaborierter Bewegungen in der Gruppe mit *höchstem* mMPI deutlich unter den bislang im Labor beobachteten Anteilen lag (Weik et al. 2023; Petker-Jung et al. 2022; Deinzer et al. 2021; Ebel et al. 2018; Harnacke et al. 2015). Der Anteil an Personen, die in der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI Interdentalhygiene durchführte, entspricht etwa dem, was als Obergrenze im Labor bei gleicher Instruktion beobachtet wurde (Weik et al. 2023; Petker et al. 2019; Harnacke et al. 2015). Dem entgegen fiel der Anteil bei den Teilnehmenden mit *höchstem* mMPI deutlich geringer aus und wurde so nur in einer einzigen Untersuchung beobachtet (Deinzer et al. 2018a). Bei der Korrektheit der Anwendung von Zahnseide zeigte sich kein Gruppenunterschied, was sich mit vorangehenden Beobachtungen deckt, da auch im Labor nur einzelnen Personen eine korrekte Anwendung gelang (Weik et al. 2023; Winterfeld et al. 2015). Obwohl im Extremgruppenvergleich die Gruppe mit *niedrigstem* mMPI mit etwa 2,3 min deutlich länger putzte und damit gängigen Empfehlungen entsprach (Sälzer et al. 2020), liegt diese ZKZ trotz gleicher Instruktion, nämlich so gut wie möglich zu putzen, deutlich unter dem, was in Laboruntersuchungen beobachtet wurde. Trotz der längeren ZKZ wurde auch in diesen Untersuchungen keine befriedigende Plaquefreiheit erreicht (Weik et al. 2023; Deinzer et al. 2021; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a). Möglicherweise hat die Laborsituation bewirkt, dass die Teilnehmenden sich zwar insgesamt mehr Zeit für den Zahnputzvorgang genommen haben, aber primär, um nach Vollendung der gewöhnlichen Putzroutine einige Bereiche noch einmal zu putzen (Weik et al. 2023). Bei differenzierter Betrachtung der Verteilung der ZKZ auf die einzelnen Flächen und Sextanten bestätigt sich der Eindruck: Der größte Unterschied zwischen der Putzdauer in der Labor- und in der Feldsituation besteht in der Dauer des Putzens der ohnehin bevorzugten Vestibulär- und teilweise auch Okklusalfächen, die in der Laborsituation noch länger geputzt wurden. Diese Zeit schienen sich die Personen in der Feldsituation nicht genommen zu haben, auch nicht diejenigen mit den *niedrigsten* Plaquewerten.

Auch wenn die Teilnehmenden aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI zu den 10 % mit den besten Zahnputzfertigkeiten aus der Gesamtstichprobe der DMS · 6 gehörten, bedeutet dies nicht, dass sie dabei weitgehende Plaquefreiheit erreichten. Obwohl die Plaqueerhebung in der Feldsituation einige Probleme mit sich brachte, aufgrund derer die Absolutwerte nur mit Vorsicht analysiert werden sollten (s. Kapitel 4.3), weisen die mMPI-Grenzwerte bei der Zusammenstellung der Untersuchungsgruppen doch in diese Richtung (s. Tabelle 9). Die mMPI-Werte des Untersuchungsteams 5 scheinen in ihrer Verteilung am plausibelsten und gleichen am ehesten Befunden vorangehender Untersuchungen (Weik et al. 2023; Weik et al. 2022; Deinzer et al. 2021). Am Beispiel dieses Teams wird deutlich, dass in der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI auch Personen enthalten sind, die mit einem mMPI > 30 nach Putzen keinesfalls plaquefreie Verhältnisse erreichten. Entgegen dem anfänglichen Bestreben scheint es folglich auch in dieser Untersuchung nicht gelungen, eine Gruppe aus weitgehend besonders effektiv putzenden Personen zu identifizieren. Bei der Einordnung der Ergebnisse zeigte sich jedoch auch, dass die Gruppe mit *höchstem* mMPI hinsichtlich der Verhaltensaspekte deutlich unter dem liegt, was in bisherigen Untersuchungen beobachtet wurde und damit andersherum verdeutlicht, welche Merkmale einen besonders ineffektiven Zahnputzvorgang kennzeichnen. Durch Kontrastierung zwischen einem mehr und weniger effektiven Verhalten lässt sich damit auf Basis dieser Arbeit dennoch beantworten, welche Aspekte eine effektivere Zahnreinigung vorhersagen. Das Alter, Geschlecht, der Bildungsstatus sowie der Migrationshintergrund scheinen bei dieser Kontrastierung keine bedeutsame Rolle zu spielen, selbst wenn sich in der Gesamtstichprobe kleinere Zusammenhänge zwischen der erreichten Plaquefreiheit und dem Geschlecht sowie dem Bildungsstatus beobachten ließen (Deinzer et al. 2025).

Für den Zahnputzvorgang zeigten sich als eindrucklichste Gruppenunterschiede der höhere Anteil Oral an ZKZ mit einem höheren Anteil elaborierter Bewegung an den Lateralflächen bei einer höheren ZKZ in der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI nach Putzen. Soweit hinter diesen Aspekten ein kausaler Zusammenhang zur Zahnputzeffektivität vermutet wird, sollte Folgendes beachtet werden: Insbesondere im Kontext vorangehender Arbeiten scheint eine hohe ZKZ allein nicht bedeutsam, wenn nicht auch mit einer gewissen Systematik im Sinne eines Erreichens aller Flächen in ausreichendem Maße geputzt wird (Weik et al. 2023; Deinzer et al. 2021; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a). Der Gruppenvergleich legt nahe, dass die hier sogenannten elaborierten Bewegungen zur Reinigung der Vestibulär- und Oralflächen besser geeignet sind. Unter Berücksichtigung der konvexen Form der Zahnkrone scheint es plausibel, dass der in der Infrawölbung liegende Gingivarand mit kreisenden und

vertikalen Bewegungen besser erreicht werden kann. Gestützt wird diese Annahme durch eine Übersichtsarbeit zum Vergleich verschiedener Zahnputztechniken, die zum Ergebnis kommt, dass eine Anleitung zu kreisendem Putzen die Zahnputzeffektivität am ehesten verbessert (Deinzer et al. 2024b).

Ob die beobachteten Zusammenhänge tatsächlich kausaler Natur sind, bleibt aber unklar. Denkbar wäre auch, dass die Anwendung der sogenannten elaborierten Bewegungen lediglich ein Indikator für ein bedachtereres Putzen ist. Ähnliches lässt sich bei der Verteilung der ZKZ vermuten, da die Oralflächen von der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI stärker berücksichtigt wurden. Möglicherweise ist Personen, die elaboriert putzen und die Oralflächen mit bedenken auch die Bedeutung des Gingivarands für eine vollständige Zahnreinigung eher bekannt und sie versuchen ihn deshalb gezielter zu erreichen. Inwieweit dieser tatsächlich erreicht wurde, konnte im Rahmen der Videobeobachtung nicht erfasst werden (s. Kapitel 4.3). Die Annahme eines insgesamt ausgeprägteren Mundhygienebewusstseins in der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI wird zusätzlich gestützt von der Beobachtung, dass mehr Personen Interdentalhygiene durchführten. Diese wird von den wenigsten Personen spontan genannt, wenn sie danach gefragt werden, was ein besonders gründliches Zähneputzen auszeichnet (Deinzer und Jordan 2024).

Interessant sind in diesem Zusammenhang auch die Ergebnisse der explorativen Analyse zur Interdentalhygiene. Beim Vergleich innerhalb der Teilnehmenden aus der Gruppe mit *niedrigstem* mMPI zeigte sich bei den Plaque- und Blutungswerten zwar eine Tendenz zugunsten derjenigen, die Interdentalhygiene durchführten, jedoch waren die Effektstärken gering (s. Kapitel 3.1.3). Erst bei separater Betrachtung der Personen, die ausschließlich Zahnseide verwendeten gegenüber denjenigen, die auch oder ausschließlich Interdentalbürsten oder -sticks verwendeten, ergaben sich große Effektstärken. In Übersichtsarbeiten konnte bei zusätzlicher Durchführung von Interdentalhygiene bislang nur ein geringer Effekt auf die Plaquereduktion festgestellt werden und im direkten Vergleich waren Interdentalbürsten der Zahnseide überlegen, wobei diskutiert wurde, dass die Effektivität der Zahnseide wahrscheinlich sehr techniksensitiv sei (Slot et al. 2020; Worthington et al. 2019). Allerdings wurde in keiner der den Übersichtsarbeiten zugrundeliegenden Studien die Korrektheit der Anwendung der Zahnseide bei der Erhebung der Plaquedaten miterfasst. Die in der vorliegenden Arbeit gewonnenen Daten zeigen nun eindrucksvoll, dass selbst Personen, die Zahnseide als ein eigenes, regelmäßig angewandtes Hilfsmittel zur Mundhygiene mitbrachten, diese nicht korrekt verwendeten. Dies bestätigt Beobachtungen aus Laboruntersuchungen, die ebenfalls eine mangelhafte Technik bei der Anwendung von

Zahnseide konstatieren (Weik et al. 2023; Winterfeld et al. 2015), wobei in diesen Untersuchungen allen Teilnehmenden Zahnseide zur Verfügung stand und diese wohl auch von Personen genutzt wurde, die diese nicht regelmäßig verwenden.

4.2.1.2 Implikationen für die Praxis

Diese Arbeit liefert eine wissenschaftliche Basis zur Unterstützung aktueller Empfehlungen zum Zahnputzvorgang und bietet wichtige Informationen für zahnärztliches Personal im Umgang mit ihren Patientinnen und Patienten. Insbesondere die hohen Plaquewerte in der Gruppe mit *höchstem* mMPI sind alarmierend und in Kombination mit hohen Blutungswerten ein Zeichen mangelnder Mundhygiene und damit vermeidbar. Jedoch zeigen die Ergebnisse dieser Arbeit auch, dass hohe Plaquewerte nicht automatisch als weniger Bemühung zu werten sind. Als eindrückliches Beispiel gilt eine Probandin, die in multiplen Hypothesenparametern positive Ausreißerwerte aufwies und damit aus der Analyse ausgeschlossen werden musste, jedoch aus der Gruppe mit *höchstem* mMPI stammte. Empfehlungen müssen unter Berücksichtigung individueller Fertigkeiten und Gegebenheiten erfolgen. Bei Bedarf sollte auch grundlegendes Wissen vermittelt werden, wie die Beobachtungen zur Durchführung der Interdentalhygiene verdeutlichen. Bei inadäquater Anwendung der Hilfsmittel ist nicht nur kein Nutzen zu erwarten - sie kann zusätzlich zur Schädigung parodontaler Strukturen führen (van der Weijden und van Loveren 2023). Eine Untersuchung zur Selbsteinschätzung der oralen Sauberkeit nach dem Putzen legt nahe, dass Personen tendenziell zur Überschätzung ihrer Mundhygienefertigkeiten neigen (Weik et al. 2023), sodass es sinnvoll erscheint, Patientinnen und Patienten in den Plaque-Monitoring-Prozess miteinzubeziehen und Defizite durch Visualisierung bewusst zu machen. Der Gruppenvergleich hinsichtlich der Häufigkeit der PZR in der Stichprobe der Erwachsenen stärkt die Annahme, dass eine regelmäßige Mundhygieneunterweisung eine effektive Mundhygiene wahrscheinlicher macht.

4.2.2 Stichprobe der Kinder

4.2.2.1 Wissenschaftliche Einordnung der Ergebnisse

Beim Gruppenvergleich der Kinder zeigte sich ein zunächst uneindeutigeres Bild als in der Stichprobe der Erwachsenen. Nur die Hypothesen zu den Parametern ZKZ, QIT-S Vestibulär und Anteil kreisender Bewegungen an Vestibulär konnten angenommen werden. Alle anderen erwiesen sich in der statistischen Hypothesenprüfung als nicht signifikant, wenn auch die Gruppenunterschiede in erwartete Richtung zeigten. Bei der Einordnung der Stichprobe konnte in der Gruppe mit *höchstem* mMPI ein vergleichsweise hoher Anteil an Kindern *mit* Migrationshintergrund festgestellt werden.

Auch im Zuge einer Sensitivitätsanalyse stellte sich der Migrationshintergrund als wichtige Moderatorvariable des Zusammenhangs zwischen der Gruppenzuordnung und dem Zahnputzverhalten heraus, sodass dieser bei der Einordnung der Ergebnisse berücksichtigt werden muss.

Obwohl der Zusammenhang zwischen Mundgesundheit und dem Migrationshintergrund bekannt ist (Spinler et al. 2021), erfolgte eine differenzierte Gegenüberstellung des Zahnputzvorgangs von Kindern *ohne* und *mit* Migrationshintergrund bislang nur in einer Untersuchung (Hassebrauck 2021). Analog zu den Beobachtungen in der Stichprobe der Erwachsenen konnten auch bei den Kindern insgesamt eine geringere ZKZ festgestellt werden, als in jüngerer Zeit in Laboruntersuchungen beobachtet worden waren (Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2019). In der oben zitierten Laboruntersuchung von 12-Jährigen schien die Dauer der ZKZ nicht im Zusammenhang zum Migrationshintergrund zu stehen (Hassebrauck 2021). Auch zeigte eine differenzierte Analyse der Daten der zitierten Studie, dass sich unabhängig vom Migrationshintergrund die effektiver putzenden Kinder ihre Zähne insgesamt länger putzten als die weniger effektiv Putzenden (Sitter, Reanalyse der Daten von Deinzer et al. (2019)). Dies war in der vorliegenden Untersuchung eindeutig für die Kinder *ohne* Migrationshintergrund der Fall. Bei den Kindern *mit* Migrationshintergrund wies der Gruppenunterschied in die andere Richtung, ist aber wegen der geringen Fallzahl der Subgruppe derer mit *niedrigstem* mMPI schwer interpretierbar. Aus vorangehenden Arbeiten ist eine Vernachlässigung der Oralflächen bei 12-Jährigen bekannt (Eidenhardt et al. 2021; Deinzer et al. 2019). Auch in dieser Stichprobe war diese Vernachlässigung über alle Subgruppen hinweg erkennbar, wobei sie sich am deutlichsten bei den weniger effektiven Kindern *mit* Migrationshintergrund zeigte. Am eindrucklichsten unterschieden sich die weniger effektiven Kinder *mit* Migrationshintergrund von denjenigen *ohne* Migrationshintergrund, aber auch von den verbleibenden effektiveren Kindern hinsichtlich ihres sehr geringen Anteils kreisender Bewegungen an Vestibulär bzw. elaborierter Bewegungen an Lateral. Das Putzen mit horizontalen Bewegungen wurde in diesem Ausmaß bislang noch in keiner Untersuchung beobachtet (Weik et al. 2022; Eidenhardt et al. 2021) und zeigte sich in oben genannter Laborstichprobe auch nicht bei Betrachtung der weniger effektiven Kinder *mit* Migrationshintergrund (Sitter, Reanalyse der Daten von Deinzer et al. (2019)).

Bei analoger Subgruppenbildung innerhalb der 12-Jährigen der vorangehenden Untersuchung wurde deutlich, dass der Vergleich der effektiveren vs. weniger effektiven Kinder dort unabhängig vom Migrationshintergrund dem entspricht, was in dieser Arbeit beim Vergleich innerhalb der Kinder *ohne* Migrationshintergrund beobachtet wurde. Es

zeigte sich ein deutlicher Unterschied hinsichtlich der ZKZ, wohingegen für die anderen Aspekte zwar auch hypothesenkonforme Gruppenunterschiede vorlagen, jedoch in einem moderaten Ausmaß. Für die Kinder *ohne* Migrationshintergrund ist damit der augenfälligste Unterschied zwischen denen mit *niedrigstem* und *höchstem* mMPI der in der ZKZ. Beide Gruppen vernachlässigten die oralen Flächen, verwandten aber mehr als die Hälfte der ZKZ an den Lateralflächen auf elaborierte Bewegungen. Grundsätzlich scheinen also auch die weniger effektiv putzenden Kinder *ohne* Migrationshintergrund Zahnputztechniken zu kennen und anwenden zu können. Dies trifft auf die weniger effektiv putzenden Kinder *mit* Migrationshintergrund nicht zu. Der geringe Anteil an elaborierten Bewegungen weist darauf hin, dass ihnen Zahnputztechniken wenig geläufig sind (s. Kapitel 3.2.3).

Eine mögliche Ursache für die unterschiedlichen Mundhygienefertigkeiten sowohl innerhalb der hier untersuchten Stichprobe, aber auch im Vergleich zu den Kindern vorangehender Arbeiten könnten die Folgen der COVID-Pandemie darstellen. Aufgrund von Distanzierungsmaßnahmen zur Eindämmung des Infektionsgeschehens kam es zur massiven Einschränkung von Gruppenprophylaxemaßnahmen an Schulen. Im Rahmen des Mundhygienetrainings durchgeführte Zahnputzübungen wurden zum Teil vollständig unterlassen (Schiffner 2023; Schulz-Weidner et al. 2021), sodass in dieser Zeit Eltern verantwortlich für die Mundhygieneerziehung ihrer Kinder zuhause waren. Im Idealfall konnten diese selbst während ihrer Schulzeit von Gruppenprophylaxemaßnahmen profitieren - das war jedoch nur der Fall, wenn diese in Deutschland zur Schule gegangen sind. Vor diesem Hintergrund scheint es besonders bemerkenswert, dass bei den Kindern mit *höchstem* mMPI und *mit* Migrationshintergrund ausnahmslos alle eigene Migrationserfahrung haben. Es wurde nicht erfasst, in welchem Alter die Kinder nach Deutschland immigriert sind, jedoch wäre denkbar, dass nicht nur die Eltern, sondern die Kinder selbst nie an entsprechenden Prophylaxeprogrammen teilgenommen haben und die Defizite damit Folge mangelnden Wissens in Kombination mit eingeschränkten Maßnahmen zur Kompetenzvermittlung sind. Die Datenerhebung der hier verwendeten Aufzeichnungen erfolgte von Januar bis September 2023 und schloss sich damit direkt dem Pandemieende an, sodass eine kompensatorische Mundhygieneerziehung noch nicht auf schulischem Wege erfolgen konnte.

Auch wenn der Argumentationsfokus bislang auf den Unzulänglichkeiten des Zahnputzvorgangs bei den Kindern mit *höchstem* mMPI lag, sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass analog zur Stichprobe der Erwachsenen auch die effektivsten Kinder hier keine Plaquefreiheit erreichten (s. Tabelle 14). Im Vergleich zu den Erwachsenen lagen die mMPI-Werte bei den Kindern insgesamt höher, was letztlich zur

getrennten Beobachtung und Analyse beider Stichproben führte (s. Kapitel 2.3.2). Die Ergebnisse der Hypothesenprüfung bestätigen die bisherigen Beobachtung, dass sich der kindliche und erwachsene Zahnputzvorgang unterscheiden (Eidenhardt et al. 2021).

4.2.2.2 Implikationen für die Praxis

Primär werden Eltern in der Verantwortung gesehen, die Mundhygieneerziehung ihrer Kinder zu übernehmen. Unter Berücksichtigung der Mundhygienefertigkeiten sowie des mundgesundheitsbezogenen Wissens in der Bevölkerung erscheint dies jedoch problematisch. Diverse Untersuchungen, nicht zuletzt die vorliegende, weisen auf Defizite bei der Herstellung von Plaquefreiheit nach Putzen bei Erwachsenen hin (Deinzer et al. 2025; Weik et al. 2023; Deinzer et al. 2021; Petker et al. 2019; Deinzer et al. 2018a; Harnacke et al. 2015). Ferner scheint das Wissen zu Kernaspekten der Mundhygiene sowie zur Parodontitis als häufige Folge insuffizienter Mundhygiene zu fehlen (Deinzer und Jordan 2024). Es bleibt außer Frage, dass Eltern es schaffen ihren Kindern das *Ob* des Zähneputzens zu vermitteln, da sich das Putzen zwei Mal täglich auch in dieser Altersgruppe fest etabliert hat (Deinzer et al. 2025). Es scheitert primär am *Wie*. Dieses nahezubringen muss von Personen mit entsprechender Kompetenz übernommen werden. Eine aktuelle Recherche zur Implementierung des gesetzlichen Auftrags zur Gruppenprophylaxe gemäß § 21 SGB V in den einzelnen Bundesländern offenbarte jedoch eine sehr heterogene Umsetzung. Nicht nur auf Landesebene, sondern auch innerhalb der Bundesländer existieren keine konkreten Durchführungsanweisungen und sowohl der Umfang als auch Inhalte der Gruppenprophylaxe variieren stark (Fr. Mischor, persönliche Kommunikation).

4.3 Limitationen

Diese Beobachtungsstudie ist die erste, welche auf Basis einer Bevölkerungsstichprobe mit dieser Größe im Extremgruppenvergleich den Zahnputzvorgang von Personen mit *höchster* und der *niedrigster* Zahnputzeffektivität untersucht hat und damit Erkenntnisse liefert, welche Aspekte im Zusammenhang mit einer effektiveren Zahnreinigung stehen. Dennoch weist diese Arbeit Grenzen auf, die für die Interpretation der Daten sowie für nachfolgende Untersuchungen berücksichtigt werden sollten.

Das eigentliche Ziel, nämlich zu untersuchen, welche Aspekte einen effektiven Zahnputzvorgang kennzeichnen, ist in dieser Arbeit nicht gelungen. Trotz der insgesamt sehr großen Stichprobe war es nicht möglich, eine ausreichend große Subgruppe zu identifizieren, die nahezu vollständige Plaquefreiheit erreichte. Die Plaquedaten der Gesamtstichprobe legen nahe, dass sich in der Bevölkerung insgesamt sehr wenig Personen befanden, die ihre Zähne effektiv reinigten (Deinzer et al. 2025). Nahezu

plaquefreie Verhältnisse nach Putzen konnten bislang in nur einer Untersuchung von zahnmedizinischem Personal beobachtet werden (Deinzer et al. 2018b). Daher wäre zur weiteren Erforschung der Fragestellung im nächsten Schritt die Videobeobachtung von diesem Fachpersonal zu erwägen, auch wenn es sich dabei um eine sehr spezielle Untersuchungsgruppe handelt.

Erstmalig sollte in dieser Studie der Zahnputzvorgang flächendeckend in einer repräsentativen Stichprobe unter weitgehend vergleichbaren Bedingungen erfasst werden. Auch wenn die Studienteilnahme freiwillig war und damit eine Selektion besonders interessierter Teilnehmenden denkbar wäre, ist unter Berücksichtigung des Rekrutierungsverfahrens von einer weitgehenden Repräsentativität der Gesamtstichprobe in den einzelnen Altersgruppen auszugehen (Ohm et al. 2025). Allerdings stand diese Gesamtstichprobe nicht vollinhaltlich für die Analyse zur Verfügung. So willigten nicht alle Studienteilnehmenden in die Videoaufnahme und/oder die Erfassung der Plaque ein. Auch blieben die Personen, welche vor der erforderlichen mMPI-Nachsichtung der Untersuchungsteams untersucht worden waren, unberücksichtigt. Zudem waren einige Videos nicht oder uneindeutig gekennzeichnet und konnten daher nicht mit den klinischen Daten zusammengeführt werden. Damit ist die Repräsentativität der Stichprobe, aus der final die Extremgruppen gebildet wurden, limitiert. Dennoch rekrutieren sich die Untersuchten aus einer weniger ausgelesenen Grundgesamtheit als dies bei den vorangegangenen Laborstudien zur Zahnputzeffektivität der Fall war.

Die Plaqueerfassung erfolgte im Feld unter suboptimalen Untersuchungsbedingungen, sodass eingeschränkte Belichtungsverhältnisse und die fehlende Trockenlegung eine Unterschätzung des mMPIs bewirkt haben könnten. Die Verteilungsauffälligkeiten in den Plaquedaten zwischen den Untersuchungsteams weisen zusätzlich darauf hin, dass die erfassten mMPI-Werte nicht ohne Weiteres als Absolutwerte interpretierbar sind. Für die Bildung von Extremgruppen schienen sie jedoch geeignet. Auch der BoP als zusätzlicher Indikator zeigte einen guten Kontrast zwischen beiden Gruppen, sodass davon auszugehen ist, dass die Trennung zwischen Personen mit unterschiedlicher Zahnputzeffektivität gelungen ist.

Die Aufzeichnung des Zahnputzvorgangs erfolgte im Vergleich zu Laboruntersuchungen unter minimalistischen Bedingungen (s. Kapitel 2.2.4). Während im Labor der Zahnputzvorgang mithilfe eines Kamerasystems aus verschiedenen Winkeln erfasst wurde, stand bei der Felduntersuchung nur eine Tabletkamera zur Verfügung. Befanden sich Personen während des Zähneputzens für einen relevanten Anteil außerhalb des Videobilds, gab es keine Möglichkeit, auf eine weitere Kamera zurückzugreifen und sie mussten aus der Untersuchung ausgeschlossen werden. Damit wurden tendenziell

Teilnehmende mit einer geringeren ZKZ ausgeschlossen, da der entsprechende Grenzwert früher erreicht wurde (s. Kapitel 2.3.1). Obwohl die Videobeobachtung durch geschulte und kalibrierte Mitarbeitende nach einem standardisierten Vorgehen mit begleitenden Reliabilitätskontrollen durchgeführt wurde, unterliegt die Methode Grenzen. So waren beispielweise bei der Auswertung der Interdentalhygiene die erreichten Interdentalräume anhand des Videobildes nicht valide beobachtbar (s. Kapitel 2.4.3). Auch der Lagebezug der Zahnbürste zum Gingivarand oder die eindeutige Zuordnung der Zahnbürste zu einer Zahnfläche war auf Basis des Videobilds aufgrund visueller Einschränkungen teilweise nicht möglich, sodass beim Putzen am Übergang zweier Flächen die Bürstbewegungen den Okklusalfächen zugeordnet wurden (s. Kapitel 2.4.2). Eine folglich Überschätzung der okklusalen ZKZ zu Lasten der lateralen ZKZ ist dadurch nicht auszuschließen. Zur Wahrung der Konsistenz zwischen den verschiedenen Beobachtungsstudien wurden die Verhaltensparameter anhand von bereits vorgegebenen Kategoriensystemen erfasst. Weitergehende Differenzierungen beispielsweise hinsichtlich individueller Bürstbewegungen, Bewegungsmuster oder flächenübergreifendem Putzen waren nicht vorgesehen. Ihre Analyse hatten sich bereits unter Laborbedingungen als hoch aufwändig und schwer trainierbar und validierbar erwiesen und wurde daher für die Feldbedingungen nicht in Erwägung gezogen. Trotz der beschriebenen Einschränkungen weisen die Interraterreliabilitäten auf eine hohe Zuverlässigkeit der erhobenen Daten hin. Die menschliche Videobeobachtung stellt aktuell nicht nur die exakteste Möglichkeit zur differenzierten Beobachtung der einzelnen Aspekte des Zahnputzvorgangs dar, sondern liefert auch im Rahmen der genannten Grenzen gut reproduzierbare Daten.

Wann die letzte PZR der Teilnehmenden stattgefunden hat, wurde im Rahmen der Datenerhebung nicht erfasst, was vor dem Hintergrund des Gruppenunterschieds bei der Häufigkeit einer PZR problematisch erscheint. Es wäre denkbar, dass kurz nach einer PZR die Plaquehaftung an den Zahnoberflächen geringer und damit eine Reinigung ebendieser erleichtert ist. Jedoch zeigten sich die erwarteten Verhaltensunterschiede auch bei solitärer Betrachtung derjenigen Personen, die noch nie bei einer PZR waren (s. Kapitel 3.1.3).

Auch durch die Fragestellung ergeben sich Einschränkungen. Zum einen wurden die Teilnehmenden aufgefordert sich ihre Zähne nach bestem Vermögen zu reinigen, wodurch die Ergebnisse keine Rückschlüsse auf das alltägliche Putzen zulassen, welches jedoch hauptverantwortlich für die Entstehung plaque-bedingter Parodontalerkrankungen ist. Die Instruktion wurde bewusst gewählt, da davon auszugehen ist, dass es in einer solchen Untersuchungssituation aufgrund der damit verbundenen

Aufmerksamkeitslenkung auf das Putzen selbst ohnehin nicht gelingen kann, alltägliches Putzen abzubilden. Im Alltag wird der Fokus hierauf nicht ausdrücklich gelenkt und es ist anzunehmen, dass diesem Vorgang aufgrund seiner gewohnheitsmäßigen Ausübung insgesamt eher wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Ebenso wie in vorangehenden Arbeiten war es daher das Ziel, die Mundhygienefertigkeiten zu untersuchen, da diese das obere Limit dessen reflektieren, was erreicht werden kann. Weiterhin lag der Fokus dieser Arbeit in der Untersuchung des Zahnputzvorgangs mit einer Handzahnbürste, sodass die Ergebnisse keine Rückschlüsse darauf erlauben, wie sich das Verhalten bei mehr oder weniger effektivem Putzen mit einer elektrischen Zahnbürste unterscheidet. Die Daten der DMS · 6 legen nahe, dass auch bei elektrischem Putzen Fertigungsdefizite bestehen und sich die mMPI-Werte von Personen, die ausschließlich eine elektrische Bürste verwendeten, nur wenig unterscheiden von denjenigen, die ausschließlich manuell reinigten (Deinzer et al. 2025). Hierauf weist auch eine Laboruntersuchung hin, die beim Vergleich der Zahnputzeffektivität von habituell elektrisch und habituell manuell Putzenden keinen Unterschied zwischen beiden Gruppen fand (Petker et al. 2019). Da die Teilnehmenden darum gebeten wurden, ihre eigene Zahnbürste sowie weitere Utensilien zum Untersuchungstermin mitzubringen, ist nicht auszuschließen, dass individuelle Aspekte der Zahnbürsten zusätzlich zur Varianz der Plaquewerte beigetragen haben (Thomassen et al. 2024; Langa et al. 2021; van Leeuwen et al. 2019; Kalf-Scholte et al. 2018).

Zuletzt bleibt zu betonen, dass der Gruppenvergleich dieser Untersuchung quasi-experimentell erfolgte und die Gruppenunterschiede mit anderen Faktoren konfundiert sein können. In der Stichprobe der Kinder zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Migrationshintergrund und dem beobachteten Zahnputzverhalten. Bei den Erwachsenen konnten keine konfundierenden Merkmale identifiziert werden (s. Kapitel 3.1.1), jedoch kann eine Interaktion der Verhaltensparameter mit weiteren, hier nicht erfassten Störfaktoren nicht ausgeschlossen werden. Damit bietet die vorliegende Studie Hinweise auf relevante Aspekte, jedoch müssen mögliche Kausalitäten nachfolgend in randomisiert kontrollierten Untersuchungen geprüft werden.

4.4 Schlussfolgerung und Ausblick

Die vorliegende Studie, die auf einer Bevölkerungsstichprobe ausgewählter Altersgruppen basiert und die Extremgruppen der am effektivsten und der am wenigsten effektiv Putzenden vergleicht, findet bei Erwachsenen die erwarteten Unterschiede. Diejenigen, die am effektivsten putzten zeigten gegenüber denjenigen, die am wenigsten effektiv putzten eine größere ZKZ, wendeten einen größeren prozentualen Anteil dieser

für das Putzen der oralen Flächen und für die Anwendung elaborierter Bewegungen auf und zeigten eine geringere Vernachlässigung einzelner Sextanten der Oral- und Vestibulärflächen. Sie wendeten außerdem häufiger Interdentalhygiene an. Das Alter, das Geschlecht, der Bildungsstatus sowie der Migrationshintergrund konnten diese Unterschiede nicht erklären. Bei den Kindern zeigte sich ein differenzierteres Bild, da der Migrationshintergrund eine wesentliche Moderatorvariable darstellte. Beim Subgruppenvergleich ergab sich für die Kinder *ohne* Migrationshintergrund vor allem ein Gruppenunterschied hinsichtlich der ZKZ, wohingegen bei den Kindern *mit* Migrationshintergrund die weniger effektive Reinigung im Zusammenhang zu einem weniger elaborierten Zahnputzvorgang stand.

Im Rahmen der DMS · 6 wurden ca. 2.000 Teilnehmende klinisch untersucht und ihr Zahnputzvorgang per Video aufgezeichnet. Dabei wurde in dieser Arbeit nur ein Auszug dieser Daten verwendet, jedoch lädt sowohl die Anzahl als auch die Repräsentativität der verbleibenden Aufzeichnungen zur Untersuchung weiterer Forschungsfragen ein. So könnte diese Arbeit als Beispiel für eine analoge Untersuchung von Personen mit einer elektrischen Zahnbürste gelten und damit einen direkten Vergleich der Zahnputzvorgänge mit beiden Bürstentypen ermöglichen.

In dieser Studie konnten im Extremgruppenvergleich systematische Unterschiede im Zahnputzverhalten zwischen den Personen mit den *niedrigsten* und *höchsten* Plaquewerten nach Putzen beobachtet werden. Basierend auf diesen Erkenntnissen wäre nun im randomisierten kontrollierten Design zu prüfen, wie sich eine experimentelle Manipulation dieser Verhaltensaspekte auf die Zahnputzeffektivität auswirkt. Damit könnten dann kausale Zusammenhänge erschlossen werden. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse dieser Arbeit scheint es sinnvoll, den Fokus solcher Folgeuntersuchungen auf die Oralflächen zu legen. Sowohl für den relativen Anteil der ZKZ an den Oralflächen als auch für die Verteilung dieser Putzdauer auf die einzelnen Sextanten ergaben sich in der Stichprobe der Erwachsenen eindeutige Gruppenunterschiede. Auch bei den vergleichsweise weniger effektiv putzenden Kindern konnte eine Vernachlässigung ebendieser Flächen beobachtet werden. Da ein ausreichend langes Putzen aller Sextanten eine entsprechende Putzdauer voraussetzt, sollten Interventionsstudien bevorzugt den Zusammenhang zwischen dem QIT-S Oral und der verbleibenden Plaque nach Putzen untersuchen. Die bei den Kindern beobachtete Konfundierung der Verhaltensparameter mit dem Migrationshintergrund verdient unbedingt Beachtung. Weitere Analysen sollten prüfen, ob die beobachteten Verhaltensdefizite, speziell was die Anwendung einer Zahnputztechnik betrifft, allgemein die Kinder *mit* Migrationshintergrund und Geburtsort außerhalb Deutschlands

kennzeichnen. Dies wäre möglicherweise ein Ansatzpunkt für eine gezielte Intervention in diesen Gruppen. Auffällig ist darüber hinaus die extreme Vernachlässigung der oralen Flächen beim Putzen bei allen Kindern. Dies weist darauf hin, dass auch jenseits des Alters von 12 Jahren ein intensiver Interventionsbedarf besteht, der die dann Heranwachsenden darin trainiert, diese Flächen beim Putzen angemessen zu berücksichtigen.

Wie bereits bei den Limitationen erwähnt, ist die menschliche Videobeobachtung aktuell die exakteste Möglichkeit zur Untersuchung des Zahnputzvorgangs. Diese Form der Datenerhebung erfordert jedoch eine umfassende Schulung, verlangt ein hohes Maß an Konzentration bei den menschlichen Untersuchenden und muss durch begleitende Reliabilitätskontrollen abgesichert werden. Es ist damit insgesamt eine sehr zeitintensive Untersuchungsmethode. Im Rahmen eines DFG-geförderten Projekts wird derzeit an der Übernahme der menschlichen Videobeobachtung durch eine künstliche Intelligenz in Form einer intelligenten Zahnbürste gearbeitet (Deinzer et al. 2024a). In vielerlei Hinsicht wäre diese Entwicklung ein Meilenstein für die Erforschung des Zahnputzvorgangs: Untersuchungen könnten fortan auch ins häusliche Setting verlagert werden, wodurch der habituelle Zahnputzvorgang erstmalig unter minimalen Untersuchungseinflüssen erfasst werden könnte. Ferner könnte in randomisiert kontrollierten Studien zuverlässig die Adhärenz der Teilnehmenden zur jeweiligen Instruktion erhoben werden. Ergänzend zur Auswertung des Zahnputzvorgangs mithilfe künstlicher Intelligenz wird in aktuellen Untersuchungen evaluiert, inwiefern die Plaqueerfassung von Intraoralscannern übernommen werden kann (La Rosa et al. 2023; Giese-Kraft et al. 2022) und damit eine standardisierte Plaqueerhebung ohne Untersuchereinflüsse realisierbar wäre. Zusammengenommen könnte zukünftig die Durchführung von ähnlichen Studien mit größeren Stichproben und einem geringeren Auswertungsaufwand möglich sein.

Insgesamt verdeutlicht die vorliegende Studie die Relevanz der weiteren Erforschung des Zahnputzvorgangs. Es konnten eindeutige Verhaltensunterschiede zwischen den Extremgruppen mit *höchster* und *niedrigster* Zahnputzeffektivität festgestellt werden, welche in nachfolgenden Arbeiten weiter untersucht werden sollten. Ferner zeigte sich bei den Kindern ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Zahnputzeffektivität und dem Migrationshintergrund, dessen Berücksichtigung für die weitere Forschung unerlässlich ist.

5 Zusammenfassung

Obwohl sich das Zähneputzen als Gesundheitsverhalten fest in der Bevölkerung etabliert hat, bleibt die Prävalenz plaque-bedingter Parodontalerkrankungen hoch. Zahnärztliche Empfehlungen zum Zähneputzen stützen sich auf eine schwache Evidenzbasis und es ist bislang unklar, welche Aspekte mit einer effektiven Zahnreinigung assoziiert sind. Das Ziel dieser Arbeit war es daher zu untersuchen, ob und inwiefern sich der Zahnputzvorgang von Personen mit einer hohen im Vergleich zu einer niedrigen Zahnputzeffektivität unterscheidet.

Im Zuge der Sechsten Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS · 6) wurden die Studienteilnehmenden gebeten, sich ihre Zähne nach bestem Vermögen zu reinigen und dabei videoaufgezeichnet. Nach dem Zähneputzen folgte eine zahnmedizinische Untersuchung, bei der die verbleibende Plaque angefärbt und erfasst wurde. Für einen Extremgruppenvergleich wurden die Teilnehmenden mit den niedrigsten sowie den höchsten Plaquewerten identifiziert. Die Stichproben der Erwachsenen ($n = 35$ vs. $n = 33$) und der Kinder ($n = 14$ vs. $n = 18$) wurden dabei separat betrachtet. Der Zahnputzvorgang aller ausgewählten Personen wurde systematisch hinsichtlich der Zahnputzdauer, der erreichten Flächen und Sextanten, der ausgeführten Bürstbewegungen sowie der Interdentalhygiene ausgewertet und anschließend einander gegenübergestellt.

In der Stichprobe der Erwachsenen putzten die Personen mit den niedrigsten Plaquewerten ihre Zähne länger, worunter ein größerer Anteil auf die Oralflächen entfiel. Sie putzten mehr Sextanten mit einer längeren Putzdauer, der Anteil elaborierter Bewegungen an den Lateralflächen war höher und es führten mehr Personen Interdentalhygiene durch. In der Stichprobe der Kinder fiel der Gruppenvergleich weniger deutlich aus, jedoch konnte für alle untersuchten Parameter ein Unterschied in erwarteter Richtung beobachtet werden. Der Migrationshintergrund erwies sich in dieser Stichprobe als Moderatorvariable der Gruppenunterschiede im Zahnputzvorgang.

In beiden Stichproben unterschied sich der Zahnputzvorgang der Untersuchungsgruppen hinsichtlich mehrerer Verhaltensaspekte. Dies weist darauf hin, dass es nicht einzelne Aspekte sind, die ein effektiveres Zähneputzen auszeichnen, sondern dass eher das Zusammenspiel verschiedener Aspekte hierfür bedeutsam ist.

6 Summary

Although toothbrushing is a well-established health behavior, the prevalence of plaque-associated periodontal diseases remains high. Dental recommendations lack evidence and it is unclear which aspects contribute most to oral cleanliness after brushing. The aim of this study was to investigate whether and to which extent the toothbrushing process differs between people with high compared to low toothbrushing effectiveness.

As part of the representative German Oral Health Study 6 (DMS · 6), participants were asked to brush their teeth to the best of their abilities while being videorecorded. Remaining plaque after brushing was stained and recorded. For an extreme group comparison, those participants with the lowest and highest plaque scores were identified. The study sample of adults ($n = 35$ vs. $n = 33$) and children ($n = 14$ vs. $n = 18$) were considered separately. The toothbrushing processes were analyzed systematically in terms of tooth contact time, time spent on different surfaces and sextants, brushing movements performed and interdental hygiene. Extreme groups were then compared with each other.

Within the adult sample, participants with lowest plaque scores brushed their teeth longer, spending a higher proportion of brushing time on oral surfaces. They covered more sextants with longer brushing times, had a greater proportion of more complex brushing movements on lateral surfaces and more participants performed interdental hygiene. In the children sample, the group comparison was less clear, but a difference in the expected direction could be observed for all parameters. The migration background proved to be a moderating variable for group differences in this sample.

In both samples, the toothbrushing process of the study groups differed in terms of several behavioral aspects. This indicates that it is not individual aspects that make toothbrushing more effective, but rather the interaction of different aspects seems important.

7 Abkürzungsverzeichnis

BoP	Bleeding on Probing
CAPI	Computer-Assisted Personal Interview
CI	95 % - Konfidenzintervall
DMS V	Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie
DMS · 6	Sechste Deutsche Mundgesundheitsstudie
ICC	Intraklassenkorrelation
IDZ	Institut der Deutschen Zahnärzte
IMP	Institut für Medizinische Psychologie
Mdn	Median
mMPI	Modifizierter Marginaler Plaque Index
MPI	Marginaler Plaque Index
MW	Mittelwert
PAPI	Paper and Pencil Interview
PZR	Professionelle Zahnreinigung
Q1	1. Quartil
Q3	3. Quartil
QIT-S	Quality index of toothbrushing regarding brushing time in sextants
SD	Standardabweichung; standard deviation
TB	Tigerbiss
ZKZ	Zahnkontaktzeit

Personenverzeichnis

AM	Studentische Hilfskraft
ES	Verfasserin der Arbeit
JS	Studentische Hilfskraft

LK	Studentische Hilfskraft
NB	Zahnarzt, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
WP	Zahnarzt, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
YD	Studentische Hilfskraft
ZE	Psychologin, Wissenschaftliche Mitarbeiterin

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.	Aufbau des Mundhygieneplatzes für die Zahnputzaufnahme.....	21
Abbildung 2.	Aufbau der klinischen Untersuchung.....	21
Abbildung 3.	Einteilung der Zahnfläche am Gingivarand zur Erfassung des mMPIs.....	23
Abbildung 4.	Flowdiagramm zur Auswahl der Zahnputzaufnahmen, welche für die Zusammenstellung der Untersuchungsgruppen geeignet waren.....	24
Abbildung 5.	Übersicht über die Kategoriensysteme zur Beobachtung der einzelnen Verhaltensparameter des Zahnputzvorgangs.....	33
Abbildung 6.	Boxplots zur Darstellung der ZKZ der Erwachsenen und des Ergebnisses des Gruppenvergleichs gemäß <i>Hypothese 1</i>	43
Abbildung 7.	Boxplots zur Verteilung der ZKZ auf die Okklusal-, Vestibulär- und Oralflächen bei den Erwachsenen. Darstellung des Ergebnisses des Gruppenvergleichs gemäß <i>Hypothese 2</i>	43
Abbildung 8.	Stapeldiagramm zur Veranschaulichung der Verteilung der QIT-S Werte für die Oral- und Vestibulärflächen bei den Erwachsenen. Darstellung der Ergebnisse der Gruppenvergleiche gemäß <i>Hypothese 3</i> und <i>Hypothese 4</i>	43
Abbildung 9.	Stapeldiagramm zur Veranschaulichung der mittleren Anteile verschiedener Bürstbewegungen an den Vestibulär- und Lateralflächen bei den Erwachsenen. Darstellung der Ergebnisse der Gruppenvergleiche gemäß <i>Hypothese 5</i> und <i>Hypothese 6</i>	44
Abbildung 10.	Boxplots zur Darstellung der ZKZ der Kinder und des Ergebnisses des Gruppenvergleichs gemäß <i>Hypothese 1</i>	49
Abbildung 11.	Boxplots zur Verteilung der ZKZ auf die Okklusal-, Vestibulär- und Oralflächen bei den Kindern. Darstellung des Ergebnisses des Gruppenvergleichs gemäß <i>Hypothese 2</i>	49
Abbildung 12.	Stapeldiagramm zur Veranschaulichung der Verteilung der QIT-S Werte für die Oral- und Vestibulärflächen bei den Kindern. Darstellung der Ergebnisse der Gruppenvergleiche gemäß <i>Hypothese 3</i> und <i>Hypothese 4</i>	49

Abbildung 13. Stapeldiagramm zur Veranschaulichung der mittleren Anteile verschiedener Bürstbewegungen an den Vestibulär- und Lateralflächen bei den Kindern. Darstellung der Ergebnisse der Gruppenvergleiche gemäß *Hypothese 5* und *Hypothese 6*.....50

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.	Verteilung der Gesamtaufnahmen auf die Untersuchungsteams.	25
Tabelle 2.	mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams bei Gruppengrößen von je n = 100 Personen.	26
Tabelle 3.	Anzahl der Personen mit mMPI-Werten ≤ 15 bzw. ≥ 85 in den Untersuchungsteams.	26
Tabelle 4.	mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams 1 und 5 bei Berücksichtigung von 10 % der Fälle je Gruppe.	26
Tabelle 5.	Anzahl geeigneter Videoaufnahmen der Erwachsenen in den Untersuchungsteams.	27
Tabelle 6.	Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams bei Berücksichtigung von etwa 10 % der Fälle der Erwachsenen je Gruppe.	27
Tabelle 7.	Prüfung der soziodemographischen Zusammensetzung der Erwachsenen der ersten Probandenauswahl.	28
Tabelle 8.	Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams nach differenzierter Überprüfung der Beurteilbarkeit des Zahnputzvorgangs und erneuter Probandenauswahl.	29
Tabelle 9.	Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams nach finaler Probandenauswahl der Erwachsenen.	29
Tabelle 10.	Prüfung der soziodemographischen Zusammensetzung der Erwachsenen der finalen Probandenauswahl.	29
Tabelle 11.	Anzahl geeigneter Videoaufnahmen der Kinder in den Untersuchungsteams.	30
Tabelle 12.	Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams bei Berücksichtigung von 10 % der Fälle der Kinder je Gruppe.	30
Tabelle 13.	Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams bei Berücksichtigung von etwa 5 % der Fälle der Kinder je Gruppe.	31
Tabelle 14.	Probandenzahl und mMPI-Grenzwerte in den Untersuchungsteams nach finaler Probandenauswahl der Kinder.	32
Tabelle 15.	Prüfung der soziodemographischen Zusammensetzung der Kinder der finalen Probandenauswahl.	32

Tabelle 16.	Ausführung der einzelnen QIT-S Indizes.....	35
Tabelle 17.	Vergleich der soziodemographischen Zusammensetzung der Erwachsenen.....	40
Tabelle 18.	Vergleich der klinischen Variablen der Erwachsenen.	41
Tabelle 19.	Vergleich des selbstberichteten Mundhygieneverhaltens der Erwachsenen.....	41
Tabelle 20.	Beschreibung des Zahnputzvorgangs der Erwachsenen.....	42
Tabelle 21.	Gruppenvergleich innerhalb der Subgruppe der Erwachsenen, die noch nie bei der PZR war.....	45
Tabelle 22.	Gruppenvergleich innerhalb der Gruppe mit <i>niedrigstem</i> mMPI der Erwachsenen hinsichtlich der Durchführung von Interdentalhygiene.	46
Tabelle 23.	Gruppenvergleich innerhalb der Personen aus der Gruppe mit <i>niedrigstem</i> mMPI und <i>Durchführung von Interdentalhygiene = ja</i> hinsichtlich der verwendeten Hilfsmittel.	46
Tabelle 24.	Vergleich der soziodemographischen Zusammensetzung der Kinder.....	47
Tabelle 25.	Vergleich der klinischen Variablen der Kinder.....	47
Tabelle 26.	Vergleich des selbstberichteten Mundhygieneverhaltens der Kinder.	47
Tabelle 27.	Beschreibung des Zahnputzvorgangs der Kinder.	48
Tabelle 28.	Deskriptive Vergleiche der Kinder innerhalb der Subgruppen <i>ohne</i> und <i>mit</i> Migrationshintergrund.....	51
Tabelle 29.	Weitere deskriptive Merkmale der Kinder innerhalb der Subgruppen <i>ohne</i> und <i>mit</i> Migrationshintergrund.....	52
Tabelle 30.	Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesentestung bei den Erwachsenen.....	54
Tabelle 31.	Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesentestung bei den Kindern.....	55

10 Literaturverzeichnis

Ainamo, J.; Bay, I. (1975): Problems and proposals for recording gingivitis and plaque. In: *International dental journal* 25 (4), S. 229-235.

Ball, Jake; Darby, Ivan (2022): Mental health and periodontal and peri-implant diseases. In: *Periodontology 2000* 90 (1), S. 106-124. DOI: 10.1111/prd.12452.

Bobetsis, Yiorgos A.; Ide, Mark; Gürsoy, Mervi; Madianos, Phoebus N. (2023): Periodontal diseases and adverse pregnancy outcomes. Present and future. In: *Periodontology 2000*. DOI: 10.1111/prd.12486.

Botelho, João; Machado, Vanessa; Leira, Yago; Proença, Luís; Chambrone, Leandro; Mendes, José João (2022): Economic burden of periodontitis in the United States and Europe: An updated estimation. In: *Journal of periodontology* 93 (3), S. 373-379. DOI: 10.1002/JPER.21-0111.

Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) (2021): Zähneputzen mit KAI - kinderleicht. Online verfügbar unter <https://www.kindergesundheit-info.de/themen/risiken-vorbeugen/alltagstipps/zahngesundheit/zaehneputzen-mit-kai/>, zuletzt aktualisiert am 16.10.2023, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

Chapple, Iain L. C.; Mealey, Brian L.; van Dyke, Thomas E.; Bartold, P. Mark; Dommisch, Henrik; Eickholz, Peter et al. (2018): Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. In: *Journal of clinical periodontology* 45 Suppl 20, S68-S77. DOI: 10.1111/jcpe.12940.

Chapple, Iain L. C.; van der Weijden, Fridus; Doerfer, Christof; Herrera, David; Shapira, Lior; Polak, David et al. (2015): Primary prevention of periodontitis: managing gingivitis. In: *Journal of clinical periodontology* 42 Suppl 16, S71-6. DOI: 10.1111/jcpe.12366.

Cohen, Jack (1988): Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=1192162>.

Deinzer, Renate; Cordes, Oliver; Weber, Julia; Hassebrauck, Lisa; Weik, Ulrike; Krämer, Norbert et al. (2019): Toothbrushing behavior in children - an observational study of toothbrushing performance in 12 year olds. In: *BMC oral health* 19 (1), S. 68. DOI: 10.1186/s12903-019-0755-z.

Deinzer, Renate; Ebel, Stefanie; Blättermann, Helen; Weik, Ulrike; Margraf-Stiksrud, Jutta (2018a): Toothbrushing: to the best of one's abilities is possibly not good enough. In: *BMC oral health* 18 (1), S. 167. DOI: 10.1186/s12903-018-0633-0.

Deinzer, Renate; Eidenhardt, Zdenka; Sohrabi, Keywan; Stenger, Manuel; Kraft, Dominik; Sick, Bernhard et al. (2024a): It is the habit not the handle that affects tooth brushing - a randomised counterbalanced cross over study with young and healthy adults. In: *BMC oral health* 24 (1), S. 757. DOI: 10.1186/s12903-024-04538-6.

Deinzer, Renate; Jahns, Stephan; Harnacke, Daniela (2014): Establishment of a new marginal plaque index with high sensitivity for changes in oral hygiene. In: *Journal of periodontology* 85 (12), S. 1730-1738. DOI: 10.1902/jop.2014.140285.

Deinzer, Renate; Jordan, A. Rainer; Kuhr, Kathrin; Margraf-Stiksrud, Jutta (2025): Oral hygiene behavior and toothbrushing skills: results of the 6th German Oral Health Study (DMS • 6). In: *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 56 (11), 82-87. DOI: 10.3290/j.qi.b5982011.

Deinzer, Renate; Jordan, Andreas Rainer (2024): Periodontal health literacy in Germany-Results of a telephone survey. In: *International journal of dental hygiene* 22 (4), S. 887-896. DOI: 10.1111/idh.12803.

Deinzer, Renate; Schmidt, René; Harnacke, Daniela; Meyle, Jörg; Ziebolz, Dirk; Hoffmann, Thomas; Wöstmann, Bernd (2018b): Finding an upper limit of what might be achievable by patients: oral cleanliness in dental professionals after self-performed manual oral hygiene. In: *Clinical oral investigations* 22 (2), S. 839-846. DOI: 10.1007/s00784-017-2160-9.

Deinzer, Renate; Shankar-Subramanian, Sadhvi; Ritsert, Alexander; Ebel, Stefanie; Wöstmann, Bernd; Margraf-Stiksrud, Jutta; Eidenhardt, Zdenka (2021): Good role models? Tooth brushing capabilities of parents: a video observation study. In: *BMC oral health* 21 (1), S. 469. DOI: 10.1186/s12903-021-01823-6.

Deinzer, Renate; Weik, Ulrike; Eidenhardt, Zdenka; Leufkens, Daniel; Sälzer, Sonja (2024b): Manual toothbrushing techniques for plaque removal and the prevention of gingivitis-A systematic review with network meta-analysis. In: *PloS one* 19 (7), e0306302. DOI: 10.1371/journal.pone.0306302.

Di Domenico, Giovanna Laura; Minoli, Margherita; Discepoli, Nicola; Ambrosi, Alessandro; Sanctis, Massimo de (2023): Effectiveness of periodontal treatment to improve glycemic control: an umbrella review. In: *Acta diabetologica* 60 (1), S. 101-113. DOI: 10.1007/s00592-022-01991-z.

- Ebel, S.; Blättermann, H.; Weik, U.; Margraf-Stiksrud, J.; Deinzer, R. (2018): High Plaque Levels after Thorough Toothbrushing: What Impedes Efficacy? In: *JDR Clinical and Translational Research* 87 (11), 238008441881331. DOI: 10.1177/2380084418813310.
- Eickholz, Peter; Holtfreter, Birte; Kuhr, Kathrin; Dannewitz, Bettina; Jordan, A. Rainer; Kocher, Thomas (2025): Prevalence of the periodontal status in Germany: results of the 6th German Oral Health Study (DMS • 6). In: *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 56 (11), 40-47. DOI: 10.3290/j.qi.b5981979.
- Eidenhardt, Zdenka; Ritsert, Alexander; Shankar-Subramanian, Sadhvi; Ebel, Stefanie; Margraf-Stiksrud, Jutta; Deinzer, Renate (2021): Tooth brushing performance in adolescents as compared to the best-practice demonstrated in group prophylaxis programs: an observational study. In: *BMC oral health* 21 (1), S. 359. DOI: 10.1186/s12903-021-01692-z.
- European Federation of Periodontology (2023): Gum disease: Prevention. Online verfügbar unter <https://www.efp.org/for-patients/gum-diseases/gum-disease-prevention/>, zuletzt aktualisiert am 19.09.2023, zuletzt geprüft am 19.09.2023.
- Faul, Franz; Erdfelder, Edgar; Lang, Albert-Georg; Buchner, Axel (2007): G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. In: *Behavior research methods* 39 (2), S. 175-191. DOI: 10.3758/bf03193146.
- Ganss, C.; Duran, R.; Winterfeld, T.; Schlueter, N. (2018): Tooth brushing motion patterns with manual and powered toothbrushes-a randomised video observation study. In: *Clinical oral investigations* 22 (2), S. 715-720. DOI: 10.1007/s00784-017-2146-7.
- Ganss, C.; Schlueter, N.; Preiss, S.; Klimek, J. (2009): Tooth brushing habits in uninstructed adults--frequency, technique, duration and force. In: *Clinical oral investigations* 13 (2), S. 203-208. DOI: 10.1007/s00784-008-0230-8.
- Genco, Robert J.; Sanz, Mariano (2020): Clinical and public health implications of periodontal and systemic diseases: An overview. In: *Periodontology 2000* 83 (1), S. 7-13. DOI: 10.1111/prd.12344.
- Giese-Kraft, Katja; Jung, Katja; Schlueter, Nadine; Vach, Kirstin; Ganss, Carolina (2022): Detecting and monitoring dental plaque levels with digital 2D and 3D imaging techniques. In: *PloS one* 17 (2), e0263722. DOI: 10.1371/journal.pone.0263722.
- Goodacre, Charles J.; Eugene Roberts, W.; Munoz, Carlos A. (2023): Noncarious cervical lesions: Morphology and progression, prevalence, etiology, pathophysiology, and clinical guidelines for restoration. In: *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists* 32 (2), e1-e18. DOI: 10.1111/jopr.13585.

Hajishengallis, George; Lamont, Richard J. (2021): Polymicrobial communities in periodontal disease: Their quasi-organismal nature and dialogue with the host. In: *Periodontology 2000* 86 (1), S. 210-230. DOI: 10.1111/prd.12371.

Harnacke, Daniela; Stein, Kathrin; Stein, Patrick; Margraf-Stiksrud, Jutta; Deinzer, Renate (2016): Training in different brushing techniques in relation to efficacy of oral hygiene in young adults. A randomized controlled trial. In: *Journal of clinical periodontology* 43 (1), S. 46-52. DOI: 10.1111/jcpe.12489.

Harnacke, Daniela; Winterfeld, Tobias; Erhardt, Jorg; Schlueter, Nadine; Ganss, Carolina; Margraf-Stiksrud, Jutta; Deinzer, Renate (2015): What is the best predictor for oral cleanliness after brushing? Results from an observational cohort study. In: *Journal of periodontology* 86 (1), S. 101-107. DOI: 10.1902/jop.2014.140152.

Hassebrauck, Lisa (2021): Zusammenhang soziodemographischer Parameter und Gesundheitsverhaltenskompetenz am Beispiel des Mundhygieneverhaltens. Inauguraldissertation. Justus-Liebig-Universität, Gießen.

Heasman, Peter A.; Holliday, Richard; Bryant, Andrew; Preshaw, Philip M. (2015): Evidence for the occurrence of gingival recession and non-carious cervical lesions as a consequence of traumatic toothbrushing. In: *J Clin Periodontol* 42 Suppl 16, S237-55. DOI: 10.1111/jcpe.12330.

Herrera, David; Sanz, Mariano; Shapira, Lior; Brotons, Carlos; Chapple, Iain; Frese, Thomas et al. (2023): Association between periodontal diseases and cardiovascular diseases, diabetes and respiratory diseases: Consensus report of the Joint Workshop by the European Federation of Periodontology (EFP) and the European arm of the World Organization of Family Doctors (WONCA Europe). In: *J Clin Periodontol* 50 (6), S. 819-841. DOI: 10.1111/jcpe.13807.

Jordan, A. Rainer; Frenzel Baudisch, Nicolas; Ohm, Cristiana; Zimmermann, Fabian; Sasunna, Dominic; Cholmakow-Bodechtel, Constanze et al. (2025): 6th German Oral Health Study (DMS • 6): rationale, study design, and baseline characteristics. In: *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 56 (11), 4-12. DOI: 10.3290/j.qi.b5986173.

Kajikhina, Katja; Koschollek, Carmen; Sarma, Navina; Bug, Marleen; Wengler, Annelene; Bozorgmehr, Kayvan et al. (2023): Empfehlungen zur Erhebung und Analyse migrationsbezogener Determinanten in der Public-Health-Forschung. Unter Mitarbeit von Robert Koch-Institut.

Kalf-Scholte, S. M.; van der Weijden, G. A.; Bakker, Ewp; Slot, D. E. (2018): Plaque removal with triple-headed vs single-headed manual toothbrushes-a systematic review. In: *International journal of dental hygiene* 16 (1), S. 13-23. DOI: 10.1111/idh.12283.

Kassebaum, N. J.; Bernabé, E.; Dahiya, M.; Bhandari, B.; Murray, C. J. L.; Marcenes, W. (2014): Global burden of severe periodontitis in 1990-2010: a systematic review and meta-regression. In: *Journal of dental research* 93 (11), S. 1045-1053. DOI: 10.1177/0022034514552491.

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (2023): Zähneputzen - rundum sauber. Online verfügbar unter <https://www.kzbv.de/zaehneputzen-rundum-sauber.54.de.html#>, zuletzt aktualisiert am 16.10.2023, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

Kocher, Thomas; Meisel, Peter; Baumeister, Sebastian; Holtfreter, Birte (2024): Impact of public health and patient-centered prevention strategies on periodontitis and caries as causes of tooth loss in high-income countries. In: *Periodontology 2000*. DOI: 10.1111/prd.12592.

Kuhr, Kathrin; Sasunna, Dominic; Frenzel Baudisch, Nicolas; Pitchika, Vinay; Zimmermann, Fabian; Ohm, Cristiana; Jordan, A. Rainer (2025): 6th German Oral Health Study (DMS • 6): data processing and statistical methods. In: *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 56 (11), 22-29. DOI: 10.3290/j.qi.b5981988.

La Rosa, Giusy Rita Maria; Chapple, Iain; Polosa, Riccardo; Pedullà, Eugenio (2023): A scoping review of new technologies for dental plaque quantitation: Benefits and limitations. In: *Journal of dentistry* 139, S. 104772. DOI: 10.1016/j.jdent.2023.104772.

Langa, Gerson Pedro José; Muniz, Francisco Wilker Mustafa Gomes; Wagner, Tassiane Panta; Silva, Caroline Fernandes E.; Rösing, Cassiano Kuchenbecker (2021): ANTI-PLAQUE AND ANTI-GINGIVITIS EFFICACY OF DIFFERENT BRISTLE STIFFNESS AND END-SHAPE TOOTHBRUSHES ON INTERPROXIMAL SURFACES: A SYSTEMATIC REVIEW WITH META-ANALYSIS. In: *The journal of evidence-based dental practice* 21 (2), S. 101548. DOI: 10.1016/j.jebdp.2021.101548.

Larvin, Harriet; Kang, Jing; Aggarwal, Vishal R.; Pavitt, Susan; Wu, Jianhua (2023): Periodontitis and risk of immune-mediated systemic conditions: A systematic review and meta-analysis. In: *Community dentistry and oral epidemiology* 51 (5), S. 705-717. DOI: 10.1111/cdoe.12812.

Löe, H.; Theilade, E.; Jensen, S. B. (1965): Experimental Gingivitis in Man. In: *The Journal of periodontology* 36, S. 177-187. DOI: 10.1902/jop.1965.36.3.177.

Martignon, Stefania; González, María Clara; Tellez, Marisol; Guzmán, Adriana; Quintero, Ingrid K.; Sáenz, Viviana et al. (2012): Schoolchildren's tooth brushing characteristics and oral hygiene habits assessed with video-recorded sessions at school and a questionnaire. In: *Acta odontologica latinoamericana : AOL* 25 (2), S. 163-170.

Murakami, Shinya; Mealey, Brian L.; Mariotti, Angelo; Chapple, Iain L. C. (2018): Dental plaque-induced gingival conditions. In: *Journal of periodontology* 89 Suppl 1, S17-S27. DOI: 10.1002/JPER.17-0095.

Nibali, Luigi; Gkraniias, Nikolaos; Mainas, Giuseppe; Di Pino, Antonino (2022): Periodontitis and implant complications in diabetes. In: *Periodontology 2000* 90 (1), S. 88-105. DOI: 10.1111/prd.12451.

Ohm, Cristiana; Kuhr, Kathrin; Zimmermann, Fabian; Frenzel Baudisch, Nicolas; Cholmakow-Bodechtel, Constanze; Krämer, Marvin; Jordan, A. Rainer (2025): 6th German Oral Health Study (DMS • 6): fieldwork, data collection, and quality assurance. In: *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 56 (11), 14-21. DOI: 10.3290/j.qi.b5981986.

Papapanou, Panos N.; Sanz, Mariano; Buduneli, Nurcan; Dietrich, Thomas; Feres, Magda; Fine, Daniel H. et al. (2018): Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. In: *Journal of periodontology* 89 Suppl 1, S173-S182. DOI: 10.1002/JPER.17-0721.

Peres, Marco A.; Macpherson, Lorna M. D.; Weyant, Robert J.; Daly, Blánaid; Venturelli, Renato; Mathur, Manu R. et al. (2019): Oral diseases: a global public health challenge. In: *Lancet (London, England)* 394 (10194), S. 249-260. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)31146-8.

Petker, Waldemar; Weik, Ulrike; Margraf-Stiksrud, Jutta; Deinzer, Renate (2019): Oral cleanliness in daily users of powered vs. manual toothbrushes - a cross-sectional study. In: *BMC oral health* 19 (1), S. 96. DOI: 10.1186/s12903-019-0790-9.

Petker-Jung, Waldemar; Weik, Ulrike; Margraf-Stiksrud, Jutta; Deinzer, Renate (2022): What characterizes effective tooth brushing of daily users of powered versus manual toothbrushes? In: *BMC oral health* 22 (1), S. 10. DOI: 10.1186/s12903-022-02045-0.

Pitchika, V.; Jordan, R.; Micheelis, W.; Welk, A.; Kocher, T.; Holtfreter, B. (2021): Impact of Powered Toothbrush Use and Interdental Cleaning on Oral Health. In: *Journal of dental research* 100 (5), S. 487-495. DOI: 10.1177/0022034520973952.

Pussinen, Pirkko J.; Kopra, Elisa; Pietiäinen, Milla; Lehto, Markku; Zaric, Svetislav; Paju, Susanna; Salminen, Aino (2022): Periodontitis and cardiometabolic disorders: The role of lipopolysaccharide and endotoxemia. In: *Periodontology 2000* 89 (1), S. 19-40. DOI: 10.1111/prd.12433.

Robert Koch-Institut (2018): Messung des sozioökonomischen Status und des subjektiven sozialen Status in KiGGS Welle 2.

Rosema, Nam; Slot, D. E.; van Palenstein Helderma, W. H.; Wiggelinkhuizen, L.; van der Weijden, G. A. (2016): The efficacy of powered toothbrushes following a brushing exercise: a systematic review. In: *International journal of dental hygiene* 14 (1), S. 29-41. DOI: 10.1111/idh.12115.

Sälzer, Sonja; Graetz, Christian; Dörfer, Christof E.; Slot, Dagmar E.; van der Weijden, Fridus A. (2020): Contemporary practices for mechanical oral hygiene to prevent periodontal disease. In: *Periodontology 2000* 84 (1), S. 35-44. DOI: 10.1111/prd.12332.

Sandström, Anna; Cressey, Janet; Stecksén-Blicks, Christina (2011): Tooth-brushing behaviour in 6-12 year olds. In: *International journal of paediatric dentistry* 21 (1), S. 43-49. DOI: 10.1111/j.1365-263X.2010.01080.x.

Sawilowsky, Shlomo S.; Blair, R. Clifford (1992): A more realistic look at the robustness and Type II error properties of the t test to departures from population normality. In: *Psychological Bulletin* 111 (2), S. 352-360. DOI: 10.1037/0033-2909.111.2.352.

Schiffner, Ulrich (2023): Gesundheitliche Auswirkungen auf Kinder und Jugendliche durch Corona. In: *Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd* 45 (2), S. 61. DOI: 10.1007/s44190-023-0651-8.

Schlueter, N.; Klimek, J.; Ganss, C. (2013): Relationship between plaque score and video-monitored brushing performance after repeated instruction--a controlled, randomised clinical trial. In: *Clinical oral investigations* 17 (2), S. 659-667. DOI: 10.1007/s00784-012-0744-y.

Schlueter, Nadine; Winterfeld, Katrin; Quera, Vicenç; Winterfeld, Tobias; Ganss, Carolina (2018): Toothbrushing Systematics Index (TSI) - A new tool for quantifying systematics in toothbrushing behaviour. In: *PloS one* 13 (4), e0196497. DOI: 10.1371/journal.pone.0196497.

Schulz-Weidner, Nelly; Schlenz, Maximiliane Amelie; Muschler, Annette; Hermann, Brigitte; Krämer, Norbert (2021): Einfluss von COVID-19 auf die Gruppenprophylaxe in Bayern - eine Querschnittstudie. In: *Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd* 43 (3-4), S. 34-41. DOI: 10.1007/s44190-021-0023-1.

Simpson, Terry C.; Clarkson, Janet E.; Worthington, Helen V.; MacDonald, Laura; Weldon, Jo C.; Needleman, Ian et al. (2022): Treatment of periodontitis for glycaemic control in people with diabetes mellitus. In: *The Cochrane database of systematic reviews* 4 (4), CD004714. DOI: 10.1002/14651858.CD004714.pub4.

Slot, Dagmar E.; Valkenburg, Cees; van der Weijden, G. A. Fridus (2020): Mechanical plaque removal of periodontal maintenance patients: A systematic review and network meta-analysis. In: *J Clin Periodontol* 47 Suppl 22, S. 107-124. DOI: 10.1111/jcpe.13275.

Spinler, Kristin; Weil, Marie-Theres; Valdez, Richelle; Walther, Carolin; Dingoyan, Demet; Seedorf, Udo et al. (2021): Mundgesundheitskompetenz von Menschen mit Migrationshintergrund - Erste Auswertungen der MuMi-Studie. In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 64 (8), S. 977-985. DOI: 10.1007/s00103-021-03371-4.

Thomassen, Tim M. J. A.; van der Weijden, Fridus A.; Sälzer, Sonja; Slot, Dagmar E. (2024): Cross-angled versus flat-trim bristle tuft configurations in manual toothbrushes: A systematic review. In: *International journal of dental hygiene* 22 (4), S. 840-856. DOI: 10.1111/idh.12799.

van der Sluijs, E.; Slot, D. E.; Hennequin-Hoenderdos, N. L.; van der Weijden, G. A. (2018): A specific brushing sequence and plaque removal efficacy: a randomized split-mouth design. In: *International journal of dental hygiene* 16 (1), S. 85-91. DOI: 10.1111/idh.12262.

van der Weijden, G. A. Fridus; van Loveren, Cor (2023): Mechanical plaque removal in step-1 of care. In: *Periodontology 2000*. DOI: 10.1111/prd.12541.

van Leeuwen, Martijn P. C.; van der Weijden, Fridus A.; Slot, Dagmar Else; Rosema, Martijn A. M. (2019): Toothbrush wear in relation to toothbrushing effectiveness. In: *International journal of dental hygiene* 17 (1), S. 77-84. DOI: 10.1111/idh.12370.

Wainwright, J.; Sheiham, A. (2014): An analysis of methods of toothbrushing recommended by dental associations, toothpaste and toothbrush companies and in dental texts. In: *British dental journal* 217 (3), E5. DOI: 10.1038/sj.bdj.2014.651.

Weik, U.; Cordes, O.; Weber, J.; Krämer, N.; Pieper, K.; Margraf-Stiksrud, J.; Deinzer, R. (2022): Toothbrushing Performance and Oral Cleanliness after Brushing in 12-Year-Old Children. In: *JDR Clinical and Translational Research* 7 (1), S. 71-79. DOI: 10.1177/2380084420975333.

Weik, Ulrike; Eidenhardt, Zdenka; Deinzer, Renate (2024): Making plaque assessment easier - a validation study of simplified versions of the Marginal Plaque Index. In: *BMC oral health* 24 (1), S. 1377. DOI: 10.1186/s12903-024-05168-8.

Weik, Ulrike; Shankar-Subramanian, Sadhvi; Sämann, Thorben; Wöstmann, Bernd; Margraf-Stiksrud, Jutta; Deinzer, Renate (2023): "You should brush your teeth better": a randomized controlled trial comparing best-possible versus as-usual toothbrushing. In: *BMC oral health* 23 (1), S. 456. DOI: 10.1186/s12903-023-03127-3.

Winterfeld, T.; Schlueter, N.; Harnacke, D.; Illig, J.; Margraf-Stiksrud, J.; Deinzer, R.; Ganss, C. (2015): Toothbrushing and flossing behaviour in young adults--a video observation. In: *Clinical oral investigations* 19 (4), S. 851-858. DOI: 10.1007/s00784-014-1306-2.

World Health Organization (2022): Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030., 2022.

Worthington, Helen V.; MacDonald, Laura; Poklepovic Pericic, Tina; Sambunjak, Dario; Johnson, Trevor M.; Imai, Pauline; Clarkson, Janet E. (2019): Home use of interdental cleaning devices, in addition to toothbrushing, for preventing and controlling periodontal diseases and dental caries. In: *The Cochrane database of systematic reviews* 4 (4), CD012018. DOI: 10.1002/14651858.CD012018.pub2.

11 Anhang

- Anhang A Datenschutzblatt
- Anhang B Einwilligungserklärung
- Anhang C Verteilung der mMPI-Werte innerhalb der Untersuchungsteams
- Anhang D Ergebnisse der Kalibrierung der Videobeobachtung
- Anhang E Ergebnisse der Interraterreliabilitätsprüfung der Videobeobachtung
- Anhang F Hypothesentestung bei den Erwachsenen unter Einbezug der Ausreißer
- Anhang G Hypothesentestung bei den Kindern unter Einbezug des Ausreißers

Anhang A



Datenschutzblatt zur Vertraulichkeit der Angaben

Sicher wollen Sie wissen, wie es sich bei unserer Studie „Deutschland auf den Zahn gefühlt (DMS • 6)“ mit dem Datenschutz verhält. Nachfolgend erhalten Sie von uns die gesetzlichen Informationen und weitere Antworten, wie wir mit den personenbezogenen Daten und weiteren Informationen umgehen, die Sie (*bzw. falls zutreffend Ihr Kind / die von Ihnen betreute Person*) uns im Rahmen der schriftlichen und mündlichen Befragung sowie der zahnärztlichen Untersuchung geben. Nach der jetzigen Studie DMS • 6 soll in einigen Jahren die DMS • 7 im Jahr 2030 durchgeführt werden. Das vorliegende Datenschutzblatt gilt für die jetzige Studie DMS • 6 und findet keine Anwendung auf andere Studien, Dienste, Websites oder Produkte, welche von uns oder Dritten durchgeführt beziehungsweise bereitgestellt werden. Mit Ihrer Teilnahme an der Studie erklären Sie sich mit der hier beschriebenen Darlegung einverstanden. Wir bitten Sie daher, das vorliegende Datenschutzblatt sorgfältig zu lesen.

1. Verantwortlich für die Verarbeitung Ihrer Daten sind wir,

Cerner Enviza

Diamond (KH) Germany HoldCo GmbH
Landsberger Str. 284, 80687 München
Sitz: München, AG München, HRB 260387

Hier erreichen Sie uns:
Telefon: 089 / 5600 0

2. Zweck der Studie

Wir befragen und untersuchen Sie (*bzw. falls zutreffend Ihr Kind / die von Ihnen betreute Person*) zum Zweck der Gesundheitsforschung. Genau genommen geht es um eine Studie, in der Daten zum Mundgesundheitszustand in Deutschland erhoben werden. Die Befragung erfolgt schriftlich mit einem von Ihnen auszufüllenden Papier-Fragebogen. Zudem befragen wir Sie (*bzw. falls zutreffend ebenso Ihr Kind / die von Ihnen betreute Person*) mündlich in einem computergestützten Interview mit einer/m Interviewer/in. Die Untersuchung beinhaltet eine zahnmedizinische Untersuchung durch eine Zahnärztin / einen Zahnarzt. Vom Umfang her entspricht diese einer ausführlichen Kontrolluntersuchung.

Vor der zahnärztlichen Untersuchung bitten wir alle Teilnehmenden, sich vor Ort die Zähne zu putzen. In ausgewählten Altersgruppen möchten wir das Vorgehen beim Zähneputzen und bei der Mundpflege auf Video aufzeichnen lassen, sofern dem zugestimmt wird (*vgl. zusätzliche Möglichkeit Videoaufnahme auf der Einwilligungserklärung*): 12-Jährige, 20-Jährige, 35- bis 44-Jährige sowie einige 65- bis 74-Jährige fragen wir, ob Sie mit einer Videoaufnahme einverstanden sind.

Die Daten helfen dabei, die Verbreitung von zahnmedizinischen Erkrankungen in Deutschland einzuschätzen und damit Anhaltspunkte für eine Verbesserung der Mundgesundheit zu gewinnen. Ihre persönlichen Kontaktdaten (*bzw. falls zutreffend die Ihres Kindes / der von Ihnen betreuten Person*) benötigen wir nur, um Sie für die Teilnahme an der Studie erreichen zu können.

3. Herkunft der Adressen

Ihre Daten wurden uns vom Einwohnermeldeamt Ihrer Gemeinde auf Grundlage des § 46 Bundesmeldegesetz (BMG) im Rahmen einer Gruppenauskunft bereitgestellt. In § 46 BMG ist geregelt, dass Adressen für Studien herausgegeben werden dürfen, wenn die Durchführung der Studie im öffentlichen Interesse liegt, und welche Daten weitergegeben werden dürfen. Für die Durchführung der Studie, für die ein öffentliches Interesse vorliegt, wurden uns folgende Daten übermittelt: Ihr Name und Ihre Anschrift sowie Vorname, Geschlecht, Geburtsdatum bzw. Alter und Staatsangehörigkeit von Ihnen (*bzw. falls zutreffend Ihres Kindes / der von Ihnen betreuten Person*).

Sie haben jederzeit das Recht, der Verarbeitung Ihrer Daten (*bzw. falls zutreffend der Ihres Kindes / der von Ihnen betreuten Person*) zu widersprechen. Unsere Kontaktdaten finden Sie am Ende dieses Datenschutzblatts.

4. Freiwilligkeit der Teilnahme

Die Teilnahme an unserer gesamten Studie „Deutschland auf den Zahn gefühlt“ ist freiwillig: Sowohl die Teilnahme an den Befragungen und an der Untersuchung, die Videoaufnahme (*vgl. zusätzliche Möglichkeit Videoaufnahme auf der Einwilligungserklärung*) als auch die Kontaktaufnahme und längerfristige Speicherung aller Daten im Rahmen der DMS • 7 (*vgl. zusätzliche Möglichkeit Kontaktaufnahme wegen Nachfolgestudie auf der Einwilligungserklärung*) erfolgen nur dann, wenn Sie sich freiwillig dazu bereit erklären. Wenn Sie nicht teilnehmen, entstehen Ihnen keine Nachteile. Falls Sie (*bzw. falls zutreffend Ihr Kind / die von Ihnen betreute Person*) teilnehmen, können Sie auch später



noch Ihre Einwilligung jederzeit widerrufen, wobei die bis zum Zeitpunkt Ihres Widerrufs erfolgte Datenverarbeitung rechtmäßig bleibt.

5. Umgang mit Ihren Daten

Wir arbeiten nach den Vorschriften der EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) und allen anderen datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Zudem ist Kantar als datenerhebendes Feldinstitut Mitglied des Arbeitskreises Deutscher Markt- und Sozialforschungsinstitute e.V. (ADM) und an dessen Standesregeln gebunden. Weitere Informationen dazu finden Sie auf www.adm-ev.de.

Ihre Kontaktdaten (bzw. falls zutreffend die Ihres Kindes / der von Ihnen betreuten Person) werden getrennt aufbewahrt von den im Fragebogen und Interview gegebenen Antworten sowie den bei der Untersuchung dokumentierten Befunden und ggf. der Videoaufnahme. Der Zugriff auf Ihre Daten ist eingeschränkt.

6. Empfänger Ihrer Daten

Außerhalb Cerner Enviza werden personenbezogene Daten lediglich von folgenden für uns im Auftrag tätigen Dienstleistern verarbeitet:

- Die Kantar GmbH, München, koordiniert die Feldarbeit, d. h. den Prozess der Kontaktaufnahme und der Datenerhebung.
- Telquest GmbH, München, ist in die Kontaktaufnahme der Einwohnermeldeämter eingebunden. Weiterhin unterstützt die Telquest GmbH im Rahmen der Feldarbeit, wie der Betreuung der Hotline für die Interviewer/-innen und Kontakter/-innen.
- Die CDS GmbH, München, übernimmt den Versand der Anschreiben, mit dem Ihnen die Studie angekündigt wurde. Die CDS GmbH erhält zu diesem Zweck nur Ihre Kontaktdaten und keine Informationen aus den von Ihnen erhobenen Befragungs- und Untersuchungsdaten.
- Infratrend Forschung GmbH, München: Dort sind die festangestellten Zahnärzte/-innen und Interviewer/-innen der Studie organisiert. Zusätzlich übernimmt Infratrend Forschung die Betreuung der Hotline für Ihre Rückfragen und koordiniert Termine, die über eine Antwortkarte, telefonisch oder per E-Mail zustande kommen. Infratrend Forschung GmbH unterstützt zudem bei der Erstellung der Anschreiben, mit denen Ihnen die Studie angekündigt wurde.
- Die RB Profi-Kontor GmbH, Langenhahn, digitalisiert die Papier-Fragebögen und vernichtet sie anschließend.

Wir erfassen Ihre Angaben (bzw. falls zutreffend die Ihres Kindes / der von Ihnen betreuten Person) aus dem Fragebogen, dem Interview sowie der zahnärztlichen Untersuchung digital. Anschließend fügen wir diese Daten von Ihnen (bzw. falls zutreffend von Ihrem Kind / der von Ihnen betreuten Person) mit den Daten aller weiteren Teilnehmenden zu einem Datensatz zusammen. Dieser Datensatz enthält keine Kontaktdaten, also keine Namen und keine Adressen. Den Datensatz übermitteln wir dann dem Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ) zur Auswertung. Dem IDZ ist es dann nicht möglich zu erkennen, von welcher Person die Angaben gemacht wurden oder für welche Person die Befunde dokumentiert wurden.

Die beim Zähneputzen und der Mundpflege angefertigte Videoaufzeichnung wird (bei Zustimmung zur zusätzlichen Möglichkeit der Videoaufnahme auf der Einwilligungserklärung) zur Auswertung ebenso an das Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ) übermittelt. Das Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ) übermittelt die Videoaufzeichnung mit den Daten der zahnärztlichen Untersuchung und der Befragung zur weiteren Analyse des Zahnputz- und Mundpflegeverhaltens sowie der Veröffentlichung dieser Ergebnisse an das Institut für Medizinische Psychologie der Justus-Liebig-Universität Gießen. Die Veröffentlichungen der Studienergebnisse lassen keinerlei Rückschlüsse auf einzelne Teilnehmende zu.

Neben den aufgeführten Dienstleistern setzen wir Dienstleister ein, die allgemein im Rahmen unserer Geschäftstätigkeit und Verwaltung für uns tätig sind, zum Beispiel für die Bereitstellung unserer IT-Infrastruktur. Mit sämtlichen Dienstleistern haben wir Verträge über die Verarbeitung im Auftrag gemäß Artikel 28 der EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) geschlossen. Die Dienstleister arbeiten hiernach streng weisungsgebunden. Soweit einzelne Dienstleister außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums Daten verarbeiten, holen wir angemessene Garantien ein, um das durch die DSGVO vorgesehene Schutzniveau zu gewährleisten.



7. Dauer der Speicherung Ihrer Daten

Unsere Arbeiten der Datenprüfung und Qualitätssicherung werden voraussichtlich im Dezember 2023 abgeschlossen sein. Danach vernichten wir die Papierfragebögen und löschen Ihre Videoaufnahme und Kontaktdaten, sodass die erhobenen Daten nicht mehr mit Ihrer Person (*bzw. falls zutreffend mit Ihrem Kind / der von Ihnen betreuten Person*) in Verbindung gebracht werden können. Die unterzeichnete Einwilligungserklärung speichern wir jedoch noch für 3 Jahre. Denn wir sind dazu verpflichtet, für diese Zeit nachweisen zu können, dass jede teilnehmende Person in die Teilnahme der Studie eingewilligt hat.

Falls Sie (bzw. falls zutreffend für Ihr Kind / die von Ihnen betreute Person) (bei Zustimmung zur zusätzlichen Möglichkeit der Videoaufnahme auf der Einwilligungserklärung) einer Videoaufzeichnung vom Zähneputzen und der Mundpflege zugestimmt haben: Die Videoaufzeichnung wird beim Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ) und bei der Justus-Liebig-Universität Gießen bis 10 Jahre nach der letzten Veröffentlichung von mit den Videoaufzeichnungen zusammenhängenden Ergebnissen gespeichert und anschließend gelöscht.

Falls Sie angegeben haben, dass Sie (bzw. falls zutreffend Ihr Kind / die von Ihnen betreute Person) auch an der Folgestudie der DMS • 6, der DMS • 7 im Jahr 2030, interessiert sind (vgl. zusätzliche Möglichkeit der Kontaktaufnahme wegen Nachfolgestudie auf der Einwilligungserklärung): In diesem Fall nehmen wir in ungefähr halbjährlichen Abständen per Post Kontakt zu Ihnen auf, um Sie darauf aufmerksam zu machen, dass Sie uns z. B. eine anstehende Adressänderung mitteilen. Bei besonderen inhaltlichen Fragestellungen wenden wir uns telefonisch an Sie. Dafür speichern wir Ihre Kontaktdaten bis zum Abschluss der DMS • 7, also voraussichtlich bis Dezember 2030. Danach löschen wir Ihre Kontaktdaten. Bei der Untersuchung der DMS • 7 wird ggf. auf Angaben und Aufnahmen aus der Untersuchung der DMS • 6 zurückgegriffen, damit die Dokumentation vergleichbar erfolgen kann. Die im Rahmen der DMS • 6 erhobenen Studiendaten werden dazu strikt getrennt von Ihren Kontaktdaten (Pseudonymisierung) ebenfalls bis zum Abschluss der DMS • 7 (voraussichtlich Dezember 2030) gespeichert. Die unterzeichnete Einwilligungserklärung wird ebenso bis Dezember 2030 gespeichert, sodass wir über einen Nachweis verfügen, dass jede Person, die weiterhin an den Studien teilnimmt, dieser Fortsetzung der Teilnahme auch zugestimmt hat.

Wie von gesetzlichen Bestimmungen und von den Normen DIN-ISO 27001, ISO 9001, ISO 20252 gefordert, werden für unsere elektronischen Systeme Sicherungen durchgeführt und archiviert. Diese werden für einen festgelegten Zeitraum sicher aufbewahrt und vor unberechtigtem Zugriff geschützt. Nach Ablauf der Aufbewahrungsfristen werden diese Daten endgültig gelöscht und die Speichermedien zerstört.

8. Ihre Rechte

In Übereinstimmung mit Ihren Rechten nach der EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) können Sie im Hinblick auf Ihre personenbezogenen Daten (*bzw. falls zutreffend die Ihres Kindes / der von Ihnen betreuten Person*) gegenüber uns die folgenden Rechte geltend machen:

- Sie können Auskunft verlangen, welche Sie betreffenden personenbezogenen Daten wir verarbeiten.
- Sie können Ihre personenbezogenen Daten berichtigen lassen, falls etwas falsch oder unvollständig ist. Während der Prüfung dieser Anfrage haben Sie das Recht, von uns die Einschränkung der Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten zu verlangen.
- Sie können Ihre personenbezogenen Daten in einem allgemein verwendbaren Format an sich selbst oder an eine andere Organisation übermitteln lassen.
- Sie können die Löschung Ihrer personenbezogenen Daten verlangen.
- Sie können der Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten widersprechen.

Außerdem haben Sie ein Beschwerderecht bei einer Datenschutz-Aufsichtsbehörde, wenn Sie einen Verstoß gegen geltendes Datenschutzrecht annehmen.

9. Kontaktdaten

Bei allen Fragen und Ersuchen zum Datenschutz und zu Ihren Rechten können Sie sich per E-Mail an die externe Datenschutzbeauftragte Jana C. Fuchs mit der E-Mail-Adresse PrivacyOffice@cerner.com wenden oder per Telefon bei der projektinternen Ansprechpartnerin Linda Scharf unter der Telefonnummer 089-2206-1729 anrufen.

Wir danken Ihnen für Ihr Mitwirken und Ihr Vertrauen in unsere Arbeit!

Anhang B



Name, Vorname des/der Teilnehmers/-in

Identifikationsnummer des/der Teilnehmers/-in
(wird von Interviewer/in ausgefüllt)

Deutschland auf den Zahn gefühlt (Sechste Deutsche Mundgesundheitsstudie, DMS • 6)

- Einwilligungserklärung -

Ich wurde über Inhalt und Ziele der Studie „Deutschland auf den Zahn gefühlt (DMS • 6)“ informiert und bin damit einverstanden, dass ich (bzw. falls zutreffend mein Kind / die von mir betreute Person) an der Studie teilnehme, wie sie im vorliegenden Informationsblatt und dem Datenschutzblatt beschrieben ist. Mir ist bekannt, dass die Teilnahme an dieser Studie freiwillig ist und ich weiß, dass ich die Einwilligung zur Teilnahme an dieser Studie jederzeit ohne nachteilige Folgen für mich (bzw. falls zutreffend für mein Kind / die von mir betreute Person) widerrufen kann, wobei die bis zum Zeitpunkt des Widerrufs erfolgte Datenverarbeitung rechtmäßig bleibt.

Ich bin damit einverstanden, dass ich (bzw. falls zutreffend mein Kind / die von mir betreute Person) an der Erhebung von Studiendaten für die Gesundheitsforschung mitwirke. Diese Erhebung umfasst eine schriftliche Befragung mit einem Fragebogen, eine mündliche Befragung durch eine/n Interviewer/in sowie eine zahnärztliche Untersuchung durch eine Zahnärztin / einen Zahnarzt. Dazu führt die Studienzahnärztin / der Studienzahnarzt der DMS • 6 eine zahnmedizinische Untersuchung durch, die vom Umfang her einer ausführlichen Kontrolluntersuchung entspricht. Ergänzend wird das Vorgehen beim Zähneputzen und bei der Mundpflege in manchen Altersgruppen auf Video aufgezeichnet. Ich stimme diesem Befragungs- und Untersuchungsprogramm zu.

Ich wurde darauf aufmerksam gemacht, dass es bei der zahnärztlichen Untersuchung zu leichtem Zahnfleischbluten kommen kann, falls das Zahnfleisch entzündet sein sollte. Das Ausmaß der Blutung entspricht demjenigen, das im Normalfall auch beim Zähneputzen auftreten kann.

Bitte kreuzen Sie auf der Rückseite die Vereinbarungen an und unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung. Weitere Informationen können Sie dem „Datenschutzblatt zur Vertraulichkeit der Angaben“ entnehmen.

<p>An Studie teilnehmen:</p> <p>Ich willige ein sowohl in die Teilnahme (bzw. falls zutreffend in die Teilnahme meines Kindes / der von mir betreuten Person) an der DMS • 6 als auch in die damit zusammenhängende Verarbeitung meiner Kontaktdaten und erhobenen Studiendaten (bzw. falls zutreffend die meines Kindes / der von mir betreuten Person).</p>	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
<p>Zusätzliche Möglichkeit (bei 12-Jährigen, 20-Jährigen, 35- bis 44-Jährigen und zum Teil auch bei 65- bis 74-Jährigen) – Videoaufnahme vom Zähneputzen und der Mundpflege:</p> <p>Ich willige ein in die Videoaufzeichnung des Zähneputzens und der Mundpflege im Rahmen des Untersuchungsprogramms der DMS • 6 (bzw. falls zutreffend in die Aufzeichnung meines Kindes / der von mir betreuten Person) als auch in die damit zusammenhängende Verarbeitung meiner erhobenen Studiendaten (bzw. falls zutreffend in die Datenverarbeitung für mein Kind / die von mir betreute Person).</p>	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
<p>Zusätzliche Möglichkeit – Kontaktaufnahme wegen Nachfolgestudie:</p> <p>Ich (bzw. falls zutreffend mein Kind / die von mir betreute Person) bin grundsätzlich an der Teilnahme an einer Fortsetzung dieser Studie (DMS • 7, im Jahr 2030) interessiert und stimme hierfür einer weiteren regelmäßigen Kontaktaufnahme zu. Außerdem bin ich damit einverstanden, dass dazu meine Kontakt- und Studiendaten (bzw. falls zutreffend die Daten meines Kindes / der von mir betreuten Person) aus der DMS • 6 bis zum Abschluss der DMS • 7 gespeichert werden. Die Kontaktdaten werden strikt getrennt von den Studiendaten gespeichert und verarbeitet (Pseudonymisierung).</p>	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein

Eine Kopie dieser Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt bei Cerner Enviza.

Ort, Datum

Unterschrift des/der Teilnehmers/-in

Bei Minderjährigen oder betreuten Personen bitte ersatzweise Unterschrift einer erziehungsberechtigten oder betreuenden Person: Ich bestätige hiermit, dass ich das Sorgerecht oder Betreuungsrecht inne habe und diese Entscheidung vertretungsweise und allein treffen darf.

Nachname, Vorname der erziehungs- oder betreuungsberechtigten Person

Ort, Datum

Unterschrift der erziehungs- oder betreuungsberechtigten Person

Anhang C

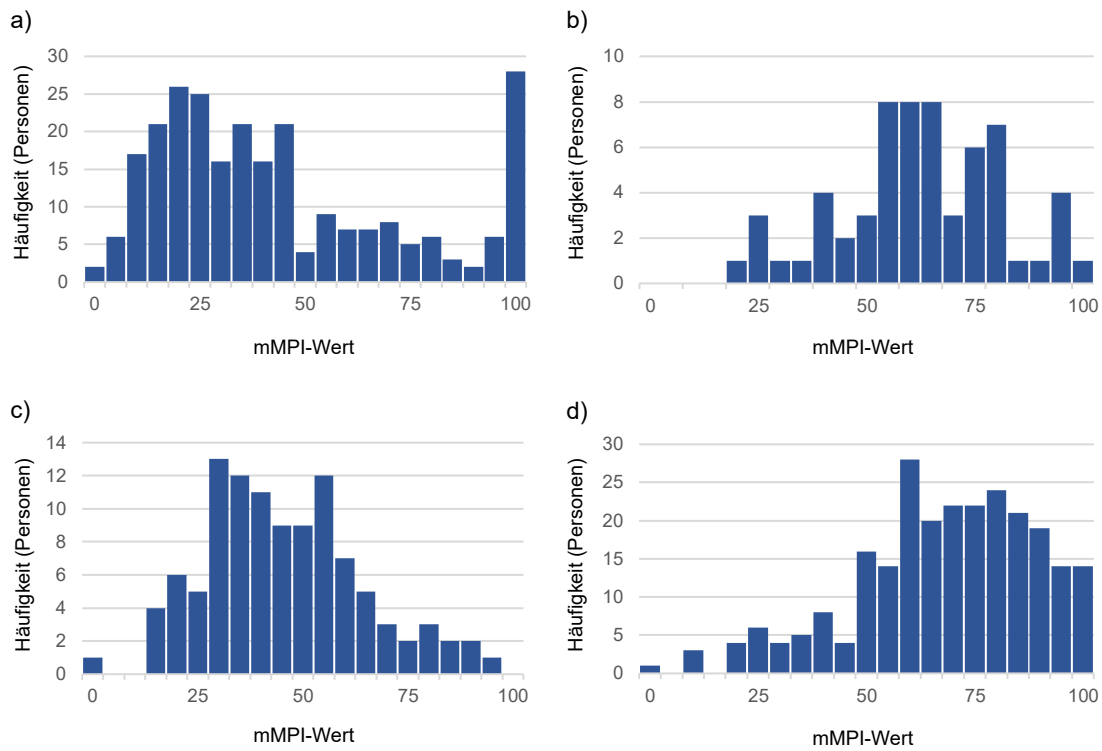


Abbildung C. Histogramme zur Verteilung der mMPI-Werte innerhalb des Untersuchungsteams 1 (a), des Untersuchungsteams 2 (b), des Untersuchungsteams 4 (c) sowie des Untersuchungsteams 5 (d).

Anhang D

Tabelle D. Ergebnisse der Kalibrierung der Videobeobachtung.

Verhaltensparameter und Kodierung	Beobachtung (Kontrolle)		
	ICC bzw. % - Übereinstimmung (n = 5 bzw. 10*)		
Zahnkontaktzeit	ES (WP)		
Zahnkontakt	0,999		
kein Zahnkontakt*	-		
nicht beurteilbar/nicht sichtbar*	-		
Flächen	LK (WP)	YD (WP)	
Okklusal	0,935	0,991	
Vestibulär	0,999	0,993	
Oral	0,926	0,972	
Bewegungen**	AM (WP)	LK (WP)	JS (WP)
Kreisend	0,991	0,932	0,979
Horizontal	0,996	0,988	0,989
Vertikal	0,987	0,988	0,967
Bass-Formenkreis***	-		
keine Bewegung***	-		
Sextanten	ES (WP)		
Sextant 1 TB voll	0,978		
Sextant 2 TB voll	0,976		
Sextant 3 TB voll	0,961		
Sextant 4 TB voll	0,989		
Sextant 5 TB voll	0,994		
Sextant 6 TB voll	0,996		
Interdentalhygiene	ES (NB)		
Verwendete Hilfsmittel	100 %		
Erreichte Interdentalräume	98,7 %		
Bewertung der Technik	100 %		

*Der Anteil der Kodierungen in den ausgewählten Videos war zu gering für eine sinnvolle ICC-Berechnung.

**Für den Parameter Bewegungen wurden zehn Videos verwendet, da der Anteil der Kategorie *Vertikale Bewegungen* in der Zufallsauswahl zu gering war.

***Die Kategorie war in der Kalibrierungsstudie noch nicht eingeführt.

Anhang E

Tabelle E. Ergebnisse der Interraterreliabilitätsprüfung der Videobeobachtung.

Verhaltensparameter und Kodierung	Beobachtung (Kontrolle) ICC bzw. %-Übereinstimmung (n = 5)
Zahnkontaktzeit	ES (NB)
Zahnkontakt	0,999
kein Zahnkontakt	0,999
nicht beurteilbar/nicht sichtbar*	-
Flächen	LK und YD (wechselseitig)
Okklusal	0,849
Vestibulär	0,993
Oral	0,823
Bewegungen	AM, LK und JS (wechselseitig)
Kreisend	0,991
Horizontal	0,951
Vertikal	0,795
Bass-Formenkreis*	-
keine Bewegung*	-
Sextanten	ES (NB)
Sextant 1 TB voll	0,975
Sextant 2 TB voll	0,948
Sextant 3 TB voll	0,922
Sextant 4 TB voll	0,934
Sextant 5 TB voll	0,959
Sextant 6 TB voll	0,989
Interdentalhygiene	ES (stud. Hilfskräfte)
Durchführung	100 %
Interdentalhygiene	ES (NB)
Verwendete Hilfsmittel	100 %
Anzahl erreichter Interdentalräume**	89,2 %
Bewertung der Technik	80,0 %

*Der Anteil der Kodierungen in den ausgewählten Videos war zu gering für eine sinnvolle ICC-Berechnung.

**Aufgrund visueller Einschränkungen bei der Videobeobachtung war eine valide Bestimmung der *Anzahl erreichter Interdentalräume* nicht möglich. Bei Unterteilung der Kategorie in *Erreichen mehrerer Interdentalräume* vs. *Kein Erreichen mehrerer Interdentalräume* lag die Übereinstimmung bei 100 %.

Anhang F

Tabelle F. Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesentestung bei den Erwachsenen unter Einbezug der Ausreißer.

Niedrigster mMPI (n = 37)	Höchster mMPI (n = 35)	df	p	d	CI
MW ± SD Mdn (Q1; Q3) n/n					
Hypothese 1 - Zahnkontaktzeit (s)					
150,9 ± 67,0 142,0 (107,8; 177,0)	117,8 ± 58,6 115,7 (77,7; 139,4)	70,0	0,015 ^T	0,53	[0,05; 0,99]
Hypothese 2 - Anteil Oral an ZKZ (%)					
23,8 ± 12,5 25,6 (16,3; 33,7)	13,4 ± 12,8 10,8 (0,0; 20,8)	70,0	< 0,001 ^T	0,82	[0,33; 1,30]
Hypothese 3 - QIT-S Oral					
5,0 (4,5; 7,0)	3,0 (0,0; 5,0)		< 0,001 ^R		
Hypothese 4 - QIT-S Vestibulär					
9,0 (8,0; 9,0)	4,5 (5,0; 7,0)		0,003 ^R		
Hypothese 5 - Anteil kreisende Bew. an Vestibulär (%)					
66,3 ± 27,0 74,0 (48,4; 90,1)	46,0 ± 36,9 41,1 (7,1; 82,1)	62,1	0,005 ^T	0,63	[0,15; 1,10]
Hypothese 6 - Anteil elaborierte Bew. an Lateral (%)					
61,1 ± 23,2 61,4 (38,6; 84,1)	47,8 ± 28,2 54,4 (25,7; 72,1)	70,0	0,016 ^T	0,52	[0,04; 0,98]
Hypothese 7 - Durchführung von Interdentalhygiene (ja/nein)					
19/18	7/28		0,005 ^C		

^Tt-Test, ^RRangsummentest und ^CChi²-Test (einseitige Testung; exakte Tests)

Anhang G

Tabelle G. Übersicht über die Ergebnisse der Hypothesentestung bei den Kindern unter Einbezug des Ausreißers.

Niedrigster mMPI (n = 14)	Höchster mMPI (n = 18)	p
MW ± SD Mdn (Q1; Q3)		
Hypothese 1 - Zahnkontaktzeit (s)		
155,6 ± 52,4 158,3 ± 100,7; 200,8	138,0 ± 106,2 128,0 (64,9; 163,3)	0,054
Hypothese 2 - Anteil Oral an ZKZ (%)		
6,1 ± 8,0 2,2 (0,3; 9,5)	6,3 ± 9,6 0,7 (0,0; 15,9)	0,217
Hypothese 3 - QIT-S Oral		
1,5 (0,0; 4,25)	0,0 (0,0; 4,25)	0,249
Hypothese 4 - QIT-S Vestibulär		
9,0 (9,0; 9,0)	8,0 (7,0; 9,0)	< 0,001
Hypothese 5 - Anteil Kreisende Bew. an Vestibulär (%)		
50,7 ± 31,3 57,1 (25,5; 74,1)	29,8 ± 34,7 15,2 (2,4; 54,7)	0,083
Hypothese 6 - Anteil Elaborierte Bew. an Lateral (%)		
52,6 ± 30,8 63,4 (28,7; 75,9)	37,2 ± 33,7 31,3 (6,2; 65,5)	0,127
Rangsummentest (einseitige Testung; exakter Test)		

12 Publikationsverzeichnis

Originalarbeiten

Sitter, Erika; Eidenhardt, Zdenka; Jordan, A. Rainer; Kuhr, Kathrin; Margraf-Stiksrud, Jutta; Deinzer, Renate (2026): Characteristics of effective toothbrushing: results of the 6th German Oral Health Study (DMS · 6). In: *Quintessence international (Berlin, Germany: 1985)* 57 (11), 98-104. DOI: 10.3290/j.qi.b6955521.

Vorträge und Posterpräsentationen

Sitter, Erika; Eidenhardt, Zdenka; Margraf-Stiksrud, Jutta; Jordan, A. Rainer; Deinzer, Renate: Brushing Smarter, Not Harder - What It Takes to Remove Plaque. Findings from the Sixth German Oral Health Study (DMS · 6). 103. Jahreshauptversammlung der IADR, Barcelona, 25. - 28. Juni 2025.

Sitter, Erika; Deinzer, Renate: Are field conditions suitable for analysing brushing performance? Findings from the Sixth German Oral Health Study (DMS · 6). 7. Science Day der Universität Gießen, 22.11.2024.

13 Ehrenwörtliche Erklärung

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

Ort/Datum

Unterschrift

14 Danksagung

Zuallererst gilt mein Dank Prof. Renate Deinzer für die Vergabe des Dissertationsthemas, die intensive und engagierte Betreuung sowie die Wegweisung in die zahnmedizinische Forschung.

Mein besonderer Dank richtet sich ebenfalls an Dr. Zdenka Eidenhardt, die mich als Co-Betreuerin sowohl bei der Projektarbeit als auch im Rahmen des Promotionsprogramms unterstützt hat.

Prof. Andreas Rainer Jordan und Dr. Kathrin Kuhr vom Institut der Deutschen Zahnärzte danke ich für die Bereitstellung der Untersuchungsdaten und die Zusammenarbeit während der Erstellung dieser Arbeit sowie der damit verbundenen Publikationen.

Ebenso danke ich Dr. Jutta Margraf-Stiksrud für ihre Anregungen und ihren hilfreichen Input in den verschiedenen Phasen des Projekts.

Ein weiterer Dank gilt den Mitarbeitenden und studentischen Hilfskräften des Instituts für Medizinische Psychologie, deren Unterstützung, Zusammenarbeit und angenehme Arbeitsatmosphäre ich stets geschätzt habe.

Dem Dekanat des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität danke ich für die Möglichkeit zur Teilnahme am JLU Trainee Programm und die damit verbundene fachliche sowie finanzielle Förderung während meiner Promotion.

Abschließend möchte ich meiner Familie und meinen Freunden für ihre Unterstützung vor und während der Promotionszeit danken. Besonders danke ich Lüder Aumann für seinen Rückhalt und sein Engagement, die mir die Anfertigung dieser Arbeit erleichtert haben.