

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde,
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universität zu Köln
Direktorin: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Anna Greta Barbe

Kaueffizienz und Kaufunktion bei Patienten mit Parodontitis: eine Querschnittsanalyse

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Simin Javadian
aus Teheran, Iran

promoviert am 07. Februar 2024

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln
2023

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink
1. Gutachterin: Universitätsprofessorin Dr. med. Dr. med. dent. A. G. Barbe
2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. Dr. med. dent. O. Thiele

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Anna Greta Barbe

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den

Unterschrift: 

Danksagung

Ich möchte mich bei der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität zu Köln für Ihre Unterstützung während meiner Dissertation bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Dr. Barbe, deren herausragende Führung und Anleitung meine wissenschaftliche Reise erst ermöglicht und maßgeblich motiviert hat.

Die Unterstützung von Prof. Dr. Dr. Barbe war von unschätzbarem Wert und hat mir stets neue Perspektiven eröffnet. Ihre beispiellose Hingabe an die Wissenschaft hat mich inspiriert und meinen Ehrgeiz gestärkt, mein Bestes zu geben.

Zusätzlich möchte ich meiner Familie meinen tiefsten Dank aussprechen. Ihre bedingungslose Liebe, Unterstützung und Geduld haben mich durch diese anspruchsvolle Zeit getragen.

Ich danke meinen Eltern, die mich immer ermutigt haben, meinen Träumen zu folgen und mein Potenzial auszuschöpfen.

Für meine Maman Pari und Mamani

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
1. ZUSAMMENFASSUNG	9
2. EINLEITUNG	10
2.1. Kaufähigkeit und Kaeffizienz	10
2.2. Einflussfaktoren auf die Kaeffizienz	10
2.3. Zusammenhang zwischen verminderter Kaufunktion und Allgemeinzustand	11
2.4. Der Kauapparat und die Kaufunktion	12
2.4.1. Zähne	12
2.4.2. Kaumuskulatur	12
2.4.3. Kauvorgang	12
2.5. Okklusion	13
2.6. Testverfahren	14
2.6.1. Objektive Testverfahren zur Bestimmung der Kaeffizienz	14
2.6.2. Subjektive Testverfahren zur Bestimmung der Kaufähigkeit	15
2.7. Parodontale Erkrankungen	16
2.7.1. Epidemiologie	16
2.7.2. Pathogenese der Parodontitis	16
2.7.3. Klassifikationen der Parodontitis von 1999 und 2018	17
2.7.4. Parodontitis und Kaufunktion	18
2.8. Fragestellungen und Ziel der Arbeit	19
3. MATERIAL UND METHODEN	20
3.1. Studiendesign	20
3.1.1. Studienablauf	20
3.1.2. Studienpopulation und klinische Charakteristika	20
3.2. Parodontaldiagnostik/klinische orale Hauptbefunde	20
3.2.1. Maximale Sondierungstiefe	21
3.2.2. Klinischer Attachmentlevel (CAL)	21

3.2.3.	Blutung bei Sondierung (BOP)	21
3.2.4.	Zahnlockerung	21
3.2.5.	Quigley-Hein-Index (QHI)	22
3.2.6.	Papillenblutungsindex (PBI) nach Saxer und Mühlemann	23
3.2.7.	Funktionelle Einheit	23
3.3.	HueCheck-Gum-Test und ViewGum-Software	24
3.4.	Quality of Masticatory Function (QMF-Fragebogen)	26
3.5.	Statistische Auswertung	28
4.	ERGEBNISSE	29
4.1.	Klinische Charakteristika	29
4.2.	Objektive Kaueffizienz und subjektive Kaufunktion	31
4.3.	Korrelation zwischen der objektiven Kaueffizienz, der subjektiven Kaufunktion und den klinischen Parodontitis-Parametern	31
4.4.	Regressionsanalyse	32
5.	DISKUSSION	33
5.1.	Zusammenfassung der Ergebnisse	33
5.2.	Einordnung in die Literatur	33
5.3.	Limitationen	36
6.	LITERATURVERZEICHNIS	38
7.	ANHANG	45
7.1.	Abbildungsverzeichnis	45
7.2.	Tabellenverzeichnis	45
7.3.	Mundhygienestatus (PBI & QHI)	46
7.4.	Parodontitis Staging (DG Paro)	47
7.5.	Parodontits Grading (DG Paro)	47

8. VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN

48

- 8.1. Barbe, A. G., Javadian, S., Rott, T., Scharfenberg, I., Deutscher, H. C. D., Noack, M. J., & Derman, S. H. M. (2020). Objective masticatory efficiency and subjective quality of masticatory function among patients with periodontal disease. *Journal of clinical periodontology*, 47(11), 1344–1353. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13364>

48

Abkürzungsverzeichnis

AIT	antiinfektiöse Therapie
BOP	bleeding on probing (Blutung bei Sondierung)
CAL	clinical attachment loss (Attachmentverlust)
NUG	nekrotisierende ulzerierende Gingivitis
NUP	nekrotisierende ulzerierende Parodontitis
OK	Oberkiefer
OME	Objektive Kaueffizienz
PBI	Papillenblutungsindex
PDL	periodontal ligament
QHI	Quigley-Hein Plaque-Index
QMF	quality of masticatory function (subjektive Kaufunktion)
SPT	supportive periodontal therapy (Erhaltungstherapie)
UK	Unterkiefer

1. Zusammenfassung

Kaufunktion und Kaueffizienz sind entscheidende Parameter für die Diagnostik, Klassifikation und Therapieplanung der Parodontitis. Es ist bisher unklar, in welchem Stadium der Parodontitis Kaufunktionsstörungen auftreten und welche Messmethode in der zahnärztlichen Praxis am besten geeignet ist, um diese frühzeitig in der Routinediagnostik zu diagnostizieren. Das Ziel der vorliegenden Studie war es daher, klinische patientenzentrierte Endpunkte der objektiven Kaueffizienzmessung (OME) und der subjektiven Qualität der Kaufunktion (QMF) bei Parodontitis-Patienten erhoben durch in der täglichen Praxis anwendbaren Testmethoden zu untersuchen.

Es wurde eine Querschnittsuntersuchung von N=224 Patienten durchgeführt, die sich einer unterstützenden Parodontaltherapie unterzogen. Die klinisch-parodontalen Parameter (maximale Sondierungstiefe, klinisches Attachmentlevel, Blutung beim Sondieren, Zahnlockerung, Quigley-Hein-Plaquesindex, Papillenblutungsindex, okklusale Einheiten) wurden erfasst. Die QMF wurde anhand des validierten Quality-of-Masticatory-Function-Fragebogens analysiert. Für die Ermittlung der OME wurde der HueCheck-Gum-Test verwendet. OME und QMF wurden deskriptiv analysiert, zudem mittels logistischer Regression untereinander sowie den klinisch-parodontalen Parametern analysiert.

OME und QMF korrelierten signifikant und zeigten die höchsten Werte im Stadium 4 nach der aktuellen Klassifikation der Parodontalerkrankung. Besonders im Stadium 2 bestanden signifikante Korrelationen zwischen der OME und der Anzahl der Zähne, dem Quigley-Hein-Index, dem Attachmentlevel, den Sondierungstiefen, der Zahnbeweglichkeit und den funktionellen okklusalen Einheiten. Für die Blutung beim Sondieren wurde kein signifikanter Zusammenhang mit der OME festgestellt.

Bei Parodontitis-Patienten, die sich einer unterstützenden Parodontaltherapie unterziehen, korreliert die objektiv messbare Kaueffizienz mit der subjektiven Beurteilung der Kaufunktion. Klinisch-parodontale Befunde haben einen geringeren Einfluss auf die Kauffunktion. Eine Beurteilung der Kauffunktion sollte routinemäßig in die Diagnostik und Behandlungsplanung von Parodontitis-Patienten in allen Stadien gemäß der aktuellen Klassifikation der Parodontalerkrankungen einbezogen werden. Die Verwendung leicht anwendbarer subjektiver und objektiver Testverfahren, wie dem HueGum-Check-Test, empfiehlt sich dafür in der Praxis.

2. Einleitung

Gesundes Kauen ist wichtig für eine gesunde Ernährung. Die Kaufunktion dient der Nahrungszerkleinerung und der Formung eines Speisebolus. Sie leitet die Verdauung ein, durch welche die für die Gesundheit des Menschen notwendige Nährstoffaufnahme des Körpers ermöglicht wird. Die Kaufunktion steht demnach im direkten Zusammenhang mit dem allgemeinen Gesundheitszustand des Menschen ¹. Beim Eintreten von Munderkrankungen oder einem zahnmedizinisch unzureichend versorgten Kauorgan, welches insbesondere bei älteren Patienten häufiger vorliegt, kann der Gesamternährungszustand durch eine selektive Ernährung, wie beispielsweise Breinahrung, beeinträchtigt sein, und Mangelerkrankungen können auftreten ². Im Folgenden wird auf den Kauvorgang, die Kaufähigkeit, die Kaeffizienz und ihre Bedeutung für die Gesamtgesundheit eingegangen.

2.1. Kaufähigkeit und Kaeffizienz

Bezogen auf die Kaufunktion wird zwischen Kaufähigkeit und Kaeffizienz unterschieden. Während sich die Kaufähigkeit auf das subjektive Empfinden bezieht, beschreibt die Kaeffizienz die objektiv messbare Bewertung der Kauffunktion ³⁻⁵. Die Kaufähigkeit kann mithilfe von Fragebögen oder Interviews⁶ beurteilt werden, wohingegen die Kaeffizienz mittels verschiedener Kauffunktionstests bestimmt werden kann ⁷⁻¹². Ein Beispiel für einen simplen Kauffunktionstest ist das Mini Dental Assessment (MDA), anhand dessen die Zerkleinerungsgröße eines gekauten Karottenstücks evaluiert wird ¹³. Der Chewing Function Questionnaire (CFQ) ist ein Beispiel für einen validierten Fragebogen zur Kauffunktion ¹⁴⁻¹⁶.

Die Kaeffizienz ist ein Indikator für den Funktionszustand des Kausystems, welches sich aus dem Ober- und Unterkiefer, der Kaumuskulatur, dem Nervensystem, den Zähnen und dem Parodont zusammensetzt. Sie bezeichnet die Fähigkeit, Nahrung innerhalb einer definierten Anzahl von Kauzyklen zu Partikeln unterschiedlicher Größe zu zerkleinern ^{12,17}.

2.2. Einflussfaktoren auf die Kaeffizienz

Maßgeblich bestimmt wird die Kaeffizienz durch den Zahnstatus, d.h. die Anzahl, Wertigkeit und Verteilung der Zähne, Karies, Parodontalerkrankungen, Zahnlockerungen sowie die Art und Qualität der prothetischen Versorgung ¹⁷. In mehreren Studien wurde dargestellt, dass die Anzahl der Zähne in Bezug auf die Kaeffizienz eine entscheidende Rolle spielen. Helkimo et al. stellten einen Zusammenhang zwischen Kaeffizienz und der Anzahl okkludierender Zahnpaare her ¹⁸. Kayser konnte zeigen, dass mehr als drei funktionelle Einheiten nötig sind, um

die Kau-effizienz bei älteren Patienten stabil zu halten ¹⁹. Personen mit weniger als drei funktionellen Einheiten haben eine bis zu 30-40 % verminderte Kau-effizienz, welche mit der Eingliederung von Prothesen nur teilweise kompensiert werden kann ²⁰.

2.3. Zusammenhang zwischen verminderter Kaufunktion und Allgemeinzustand

Zahnlosigkeit und die daraus resultierende Einschränkung der Kaufunktion wird mit einem erhöhten Risiko für Mangelernährung in Verbindung gebracht, wodurch wiederum systemische Erkrankungen begünstigt werden. In mehreren Studien wurde gezeigt, dass Zahnverlust und das Tragen von Prothesen zu einem verminderten Verzehr von bestimmten Lebensmitteln führen, wie Obst, Gemüse und Fleisch. Leicht zu kauende, breiige und zuckerhaltige Lebensmittel werden stattdessen bevorzugt ², Prothesenträger haben dadurch signifikant niedrigere Serumspiegel von Vitamin C und E, β -Carotin, Folat, Lutein und Lycopin ²¹. Zudem kochen Personen mit eingeschränkter Kaufunktion Lebensmittel länger, um sie weicher und somit leichter verzehrbar zu machen, wodurch der Vitamingehalt der Lebensmittel herabgesetzt wird und es somit zu Mangelkrankungen kommen kann ²². Besonders bei älteren Patienten kann eine Beeinträchtigung der Kaufunktion auch zu der Entstehung und Progression von kardiovaskulären und kognitiven Erkrankungen beitragen und mit der Gesamtsterblichkeit in Verbindung stehen ²³. Onder et al. fanden beispielsweise in einer retrospektiven Untersuchung von pflegebedürftigen Menschen heraus, dass die Ein-Jahres-Mortalität von Patienten mit beeinträchtigter Kaufunktion signifikant größer war als die von Patienten ohne eine derartige Beeinträchtigung ²⁴. Rangé et al. identifizierten in einer Querschnittsstudie einen Zusammenhang zwischen einer beeinträchtigten Kaufunktion und einer schlechteren kardiovaskulären Gesundheit ²⁵. Schwahn et al. fanden in einer Populationsstudie ein erhöhtes Risiko für die kardiovaskuläre Mortalität von Personen mit einer unzureichenden Kaufunktion ²⁶. Die Ursache für diesen Zusammenhang ist noch nicht bekannt, aber eine Abnahme der Herzmuskelmasse und somit des Herzzeitvolumens und der Nierenfunktion wird diskutiert ²⁷. Auch der Gastrointestinaltrakt wird durch eine unzureichende Kaufunktion negativ beeinflusst ^{28,29}. Eine unzureichende Ernährung könnte die exokrine Funktion der Bauchspeicheldrüse, die Darmdurchblutung, die Zottenarchitektur und auf die Darmpermeabilität beeinträchtigen, was wiederum zu einer verminderten Absorption von Nährstoffen und durch verminderte Resorption zu einem Flüssigkeitsverlust und Dehydrierung führen kann ²⁷. Neben einer Mangelernährung und Gewichts- sowie Flüssigkeitsverlust kann eine herabgesetzte Kaufunktion auch zu einer Gewichtszunahme und Adipositas beitragen ³⁰. Durch die verminderte Kaufunktion werden leicht zu kauende, oft zuckerhaltige Lebensmittel bevorzugt, was zu einer Fehlernährung und einem hohen Körpergewicht führen kann. Eine verminderte Kaufunktion wird darüber hinaus auch mit

einer kognitiven Beeinträchtigung, Depressionen und funktionellen Behinderungen in älteren Populationen in Verbindung gebracht ²³.

2.4. Der Kauapparat und die Kaufunktion

Der Kauapparat besteht aus dem Ober- und Unterkiefer, der Kaumuskulatur, den Zähnen und dem umgebenden Weichgewebe ³¹. Das voll ausgebildete Gebiss eines Menschen umfasst 32 Zähne, davon acht Schneidezähne, vier Eckzähne, acht Prämolaren und zwölf Molaren ³².

2.4.1. Zähne

Die Schneide- und Eckzähne dienen dem Abbeißen, der Führung und sind wichtig für die Lautbildung. Die Molaren und Prämolaren zerkleinern die Nahrung und sichern die vertikale Distanz zwischen Ober- und Unterkiefer ³³.

Beim Kauakt werden auf die Zähne wirkende Kräfte über das Parodont an die Kiefer weitergeleitet ³⁴. Das Parodont besteht aus Alveolarknochen, Zement, Zahnfleisch und dem Desmodont. Das Desmodont wiederum besteht unter anderem aus horizontal ausgerichteten Kollagenfasern, Blutgefäßen und Nervenendigungen, die eine Verbindung zwischen Zahn und Kieferknochen herstellen. Das Desmodont fungiert auch als Sinnesorgan, das für die Positionierung der Kiefer während des Kauvorgangs relevant ist ³⁵.

2.4.2. Kaumuskulatur

Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Kauapparates stellt die Kaumuskulatur dar. Beim Menschen besteht sie aus vier, jeweils paarig angelegten Muskeln: M. masseter, M. temporalis, M. pterygoideus medialis und M. pterygoideus lateralis. Der M. masseter, der M. temporalis und der M. pterygoideus medialis sind für den Kieferschluss zuständig, der M. pterygoideus lateralis als einziger Kaumuskel für die Kieferöffnung, Protrusion und Laterotrusion ³⁶.

2.4.3. Kauvorgang

Am Kauvorgang sind außer Ober- und Unterkiefer, Zähnen, Kiefergelenken und Kaumuskulatur auch die Zunge, die Wangen, der Gaumen, die Lippen und der Mundboden beteiligt. Zunächst wird die Nahrung durch die Muskulatur von Lippen, Wangen und Zunge zwischen den Zahnreihen positioniert. Die Lippen verhindern außerdem das Austreten von Speise während des Kauvorgangs. Der Speichel bereitet die Konsistenz des Bolus vor. Im Anschluss erfolgt

das Zerquetschen und Zerkleinern der Nahrung durch abwechselnde Kieferöffnung und Kieferschluss. Für die Kieferöffnung kontrahiert der M. pterygoideus lateralis und die Mundbodenmuskulatur. Der Kieferschluss erfolgt durch den M. temporalis, masseter und pterygoideus medialis, wobei die Muskelschlinge, gebildet aus M. masseter und M. pterygoideus medialis, einen kraftvollen Kieferschluss herbeiführt. Das anschließende Zermahlen der Nahrung erfolgt durch irreguläre Kieferbewegungen, die der Bolusformation vor dem finalen Schluckakt dienen.

Der Kauzyklus beginnt mit der sogenannten Öffnungsphase, in der der Unterkiefer aus der Interkuspitation oder Ruhe-/Schwebelage nach vorne und unten gleitet. Das Kaugut wird durch Zunge und Wange zwischen den Zahnreihen platziert. In der darauffolgenden Nahrungskontaktphase schließt der Unterkiefer lateralwärts in Richtung einer Höcker-zu-Höcker Beziehung auf der Arbeitsseite. Es findet eine optimale Positionierung des Kauguts zwischen den Zahnreihen statt. In der Nahrungszerkleinerungsphase findet eine Zerkleinerung des Kauguts statt. Dabei modulieren Reflexe Richtung und Stärke des Kraftschlusses. In den letzten Zyklen vor dem Schlucken treten Zahnkontakte auf. Diese Phase wird daher okklusale Kontaktphase genannt ¹.

Mehrere Kauzyklen ergeben eine Kausequenz. Die Dauer einer Kausequenz bzw. die Anzahl der Kauzyklen variiert sehr stark und ist abhängig von der Textur und dem Kauvermögen ¹.

2.5. Okklusion

Unter Okklusion versteht man jeden Zahnkontakt zwischen den Zähnen des Ober- und Unterkiefers. Dabei wird zwischen der statischen und der dynamischen Okklusion unterschieden. Während die statische Okklusion den Kontakt zwischen Ober- und Unterkieferzähnen bei einer reinen Öffnungs- und Schließbewegung des Unterkiefers ohne Seitwärtsbewegung beschreibt, umfasst die dynamische Okklusion den Kontakt zwischen Ober- und Unterkieferzähnen bei Vorschub-, Rückschub- und Seitwärtsbewegungen des Unterkiefers unter Zahnkontakt. Eine Abweichung von der physiologischen Kontaktsituation beider gegenüberliegender Zahnbögen wird Malokklusion bezeichnet ³⁷.

Die Hauptaufgabe der Okklusion besteht darin, Nahrung beim Kauvorgang zu zerkleinern. Des Weiteren soll mit der Okklusion eine Abstützung des Unterkiefers gegen den Oberkiefer gewährleistet werden.

In zahlreichen Studien wird die Wichtigkeit der Okklusion für die Kaufunktion hervorgehoben. Der Verlust der Zähne würde mit einem signifikanten Verlust an Kaueffizienz einhergehen, da eine geringere Zahnzahl mit entsprechend verminderter Anzahl von Kauflächen die Partikelzerkleinerung verringern würde ³⁸.

In einer anderen Studie wurde festgestellt, dass das Okklusionsmuster zur Schätzung der Kau-effizienz wichtiger ist als die Zahnzahl allein⁹. Dhaliwal konnte einen Zusammenhang zwischen Anzahl der Okklusionskontakte im Seitenzahnbereich und dem täglichen Verzehr von Obst und Gemüse herstellen³⁹. Vor- und Frühkontakte sowie eine ungleichmäßige Okklusion können Ursache für Überlastungen des Parodonts, Wurzellängsfrakturen und frühzeitige Implantatverluste sein⁴⁰. Für Mohl ist eine okklusale Stabilität gegeben, wenn die Zähne innerhalb der Zahnbögen keine Tendenz zur Wanderung, Elongation und Rotation aufweisen⁴¹.

2.6. Testverfahren

Wie bereits dargestellt, ist die Kaufunktion für die Allgemeingesundheit von entscheidender Bedeutung. Um eine verminderte Kaufunktion zu identifizieren, wurden unterschiedliche Testverfahren entwickelt. Dabei sollte beachtet werden, dass zwischen der Kau-effizienz und der Kaufähigkeit unterschieden wird. Die Kau-effizienz bezeichnet die Fähigkeit, Nahrung innerhalb einer definierten Anzahl von Kauzyklen zu Partikeln unterschiedlicher Größe zu zerkleinern^{12,17}. Fontijn-Tekamp et al. und Bates et al. definieren die Kau-effizienz mit der Anzahl der Kauzyklen, die notwendig sind, um eine bestimmte Partikelgröße zu erreichen^{42,43}.

2.6.1. Objektive Testverfahren zur Bestimmung der Kau-effizienz

Objektive Kautests dienen der Bestimmung der Kau-effizienz, welche auch als objektive Kau-leistung beschrieben wird. Es wird unterschieden zwischen Kautests, die auf dem Zerkleinerungsprinzip beruhen, und den Tests, die auf dem Prinzip der Durchmischung beruhen.

Als Testnahrung für objektive Kautests, die auf dem Zerkleinerungsprinzip beruhen, dienen z. B. Erdnüsse^{7,8}, Haselnüsse⁹, Mandeln¹⁰ und Karotten^{11,12}. Dabei zeichnen sich Nüsse und Karotten durch ein gutes Frakturverhalten aus¹⁷.

Bei der Testmethode mit Nüssen wird der Speisebrei nach dem Kauen durch einen Stapel von Sieben mit abnehmender Maschengröße gespült. Im Anschluss werden die einzelnen Partikel getrocknet und gewogen und der Anteil großer, mittlerer und sehr feiner Partikel bestimmt.

Beim sog. „Karottentest“, welcher von Wöstmann et al. 2016 entwickelt wurde, wird der Grad der Pulverisierung nach dem Kauen visuell beurteilt (Abbildung 1)¹³.

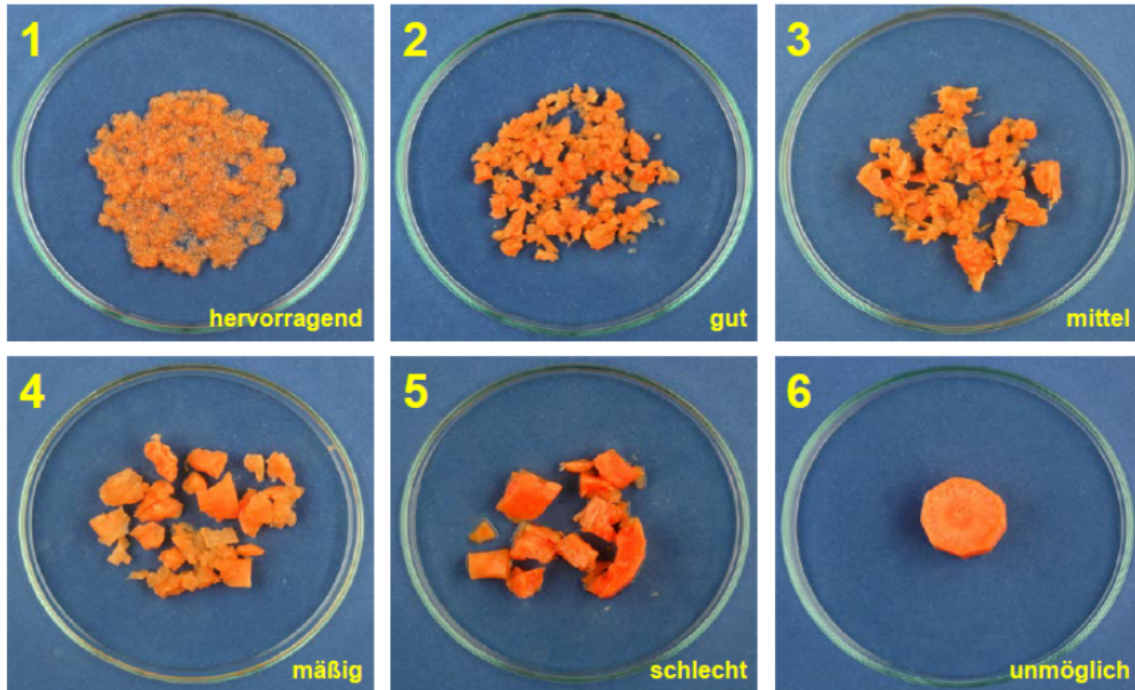


Abbildung 1 Zerkleinerungstest zur Ermittlung der Kaufunktion nach Wöstmann ¹³

Als künstliche Testnahrung finden Optosil und Optocal (C-Silikone) Verwendung ^{44,45}. Auch Fruchtgummis können als Testnahrung fungieren. Hierbei wird nach einer definierten Anzahl an Kauzyklen die Konzentration der in Lösung gegangenen Glucose aus den Fruchtgummis bestimmt. Je höher der Zerkleinerungsgrad, desto höher ist die in Lösung gegangene Glucose ⁴⁶⁻⁴⁸.

Weitere Testverfahren basieren auf dem Prinzip der Durchmischung und verwenden Wachsplättchen, Paraffinwürfel ^{49,50} oder Kaugummis ⁵¹ als Testnahrung.

2.6.2. Subjektive Testverfahren zur Bestimmung der Kaufähigkeit

Im Unterschied zur Kaeffizienz beschreibt die Kaufähigkeit die subjektive Beurteilung der Kaufunktion durch den Patienten. Durch Ausfragen des Patienten oder mithilfe eines Fragebogens kann die Kaufähigkeit bestimmt werden. Der QMF-Fragebogen stellt ein Beispiel für ein subjektives Testverfahren dar ⁶. Ein weiteres Beispiel ist der CFQ-Fragebogen ¹⁶.

2.7. Parodontale Erkrankungen

2.7.1. Epidemiologie

Parodontitis ist eine durch bestimmte Bakterien induzierte entzündliche Erkrankung des Parodonts, welche zum Verlust parodontaler Strukturen und damit zum Zahnverlust führen kann⁵². Der Parodontitis liegt eine Störung des Gleichgewichts zwischen der oralen Mikroflora und der Wirtsresistenz zugrunde, die durch Lebensstilfaktoren beeinflusst wird, wie z.B. eine unzureichende Mundhygiene⁵³. Insgesamt 46% der erwachsenen US-Bevölkerung leidet an einer chronischen Parodontitis. Von der schweren Form der Parodontitis sind ca. 9% der erwachsenen US-Bevölkerung betroffen⁵⁴. Entsprechend der Daten der Fünften Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS V) ist zwar seit dem Jahr 2005 in Deutschland insgesamt ein Rückgang schwerer Parodontalerkrankungen zu beobachten, aber ein Handlungsbedarf ergibt sich aus der immer noch hohen Prävalenz dieser Erkrankungen in der Gruppe der Senioren (65% der jüngeren Senioren und 90% der älteren Senioren)⁵⁵. Mit zunehmendem Lebensalter steigt auch der relative Anteil moderater und schwerer Parodontalerkrankungen, was unter Berücksichtigung des demographischen Wandels mit einer zunehmend älteren Bevölkerung relevant ist. Im internationalen Vergleich tritt eine moderate Parodontitis bei jüngeren Erwachsenen in Deutschland häufiger auf (48% der jüngeren Erwachsenen im Alter zwischen 35 und 44 Jahren) als in vergleichbaren Industriestaaten wie Frankreich (13%), Japan (23%) oder Italien (36%).⁵⁵ Die Prävalenz einer schweren Parodontitis (10% der jüngeren Erwachsenen) ist jedoch in Deutschland niedriger als in Kanada (21%), Italien (12%) und Großbritannien (13%).

2.7.2. Pathogenese der Parodontitis

Die Plaque, ein strukturierter, zäher, bakterieller Zahnbelag (Biofilm), spielt bei der Entstehung der Parodontitis eine wesentliche Rolle. Er begünstigt die Organisation der Mikroorganismen untereinander⁵⁶, wodurch vielfältige Nahrungsketten zustande kommen, die das Wachstum und Überleben der Bakterien gewährleisten. Außerdem schützt der Biofilm die Bakterien vor äußeren Einflüssen, wie z.B. der wirtseigenen Abwehr durch Antikörper.

Page und Schröder haben bereits 1976 die schrittweise Entstehung der Parodontitis beschrieben⁵⁷. Sie gehen davon aus, dass eine zwei bis vier Tage andauernde Plaqueakkumulation zu einer akuten Gingivitis führt. Bereits in diesem Stadium kommt es zum Abbau erster Kollagenfasern^{57,58}. Das darauffolgende Stadium, die frühe Läsion, entspricht ebenfalls einer akuten Gingivitis, entsteht aber nach 1–2 Wochen ungestörter Plaqueakkumulation. Die Kollagendestruktion nimmt zu, sodass das Saumepithel einreißt und sich Rete-Leisten (Rete pegs) bilden^{59,60}. Im darauffolgenden Stadium der etablierten Läsion löst sich das Saume-

pithel, welches das epitheliale Attachement zum Zahn verliert und infolgedessen in ein Taschenepithel übergeht⁶¹. Das letzte Stadium, die fortgeschrittene Läsion, stellt die Parodontitis dar und kennzeichnet einen irreversiblen Zustand.

2.7.3. Klassifikationen der Parodontitis von 1999 und 2018

Die Klassifikation von 1999 teilt parodontale Erkrankungen in gingivale Erkrankungen, aggressive und chronische Parodontitiden, Parodontitis als Manifestation systemischer Erkrankungen, nekrotisierende Parodontalerkrankungen, Parodontalabszesse, Parodontitis im Zusammenhang mit endodontischen Läsionen und entwicklungsbedingte oder erworbene Zustände und Deformationen ein⁶².

Auf der EuroPerio9 2018 wurde eine neue Klassifikation parodontaler Erkrankungen vorgestellt. In dieser aktuellen Klassifikation findet eine erstmalige Falldefinition für parodontale Gesundheit sowohl für ein normales als auch für ein reduziertes Parodont statt. Die parodontale Gesundheit wird definiert durch das Fehlen einer klinisch messbaren Entzündung. Als primäre Messgröße soll dabei die Blutung bei Sondierung (Bleeding-on-Probing, BOP) dienen. Demnach kann ein Patient nach erfolgreicher Parodontitis-Therapie trotz des bestehenden Knochenabbaus parodontal gesund sein, unter der Bedingung, dass kein BOP vorhanden ist⁶³.

Eine weitere Veränderung stellt die Klassifikation der Parodontitis anhand einer Staging- und Grading-Matrix dar (Tabelle 1). Die bisherige Einteilung in chronische und aggressive Parodontitis wird durch diese ersetzt. Das Staging liefert Informationen über den Schweregrad zum Zeitpunkt der Diagnose und die Komplexität der Behandlung, wohingegen das Grading biologische Merkmale, die Progressionsrate und die Risikobeurteilung umfasst. Zudem erfolgt eine Einordnung des Ausmaßes und der Verteilung innerhalb der Mundhöhle. Eine weitere wesentliche Veränderung der neuen Klassifikation im Vergleich zur bisherigen Klassifikation ist die Definition periimplantärer Erkrankungen und Zustände⁶³.

Tabelle 1 Staging und Grading entsprechend der 2018 Parodontitis-Klassifikation ⁶³

Stadien		
Stadium I	Initiale Parodontitis	
Stadium II	Moderate Parodontitis	
Stadium III	Schwere Parodontitis mit möglichem zusätzlichem Zahnverlust	
Stadium IV	Schwere Parodontitis mit möglichem Verlust des gesamten Gebisses	
Ausmaß und Verteilung		
lokalisiert	generalisiert	Molaren-Schneidezahn-Verteilung
Grade		
Grad A	Langsame Progression	
Grad B	Moderate Progression	
Grad C	Schnelle Progression	

2.7.4. Parodontitis und Kaufunktion

Bereits in früheren Studien konnte ein Zusammenhang zwischen der Parodontitis und der Kaufunktion hergestellt werden. Johansson fand heraus, dass eine reduzierte parodontale Unterstützung mit einer gestörten Regulierung der Kaukräfte einhergeht ⁶⁴. In seiner Studie verglich er das Kauverhalten der Testgruppe, bestehend auch elf Parodontitis-Patienten, mit dem Kauverhalten einer Kontrollgruppe. Beide Gruppen wurden dazu aufgefordert, die Hälfte einer Erdnuss für ca. vier Sekunden zwischen zwei Frontzähnen zu halten und diese anschließend zu kauen. Er stellte fest, dass die Probanden der Testgruppe eine größere Kraft aufwenden mussten, um die Erdnuss zwischen den Zähnen zu halten. Des Weiteren beobachtete er, dass die Probanden der Testgruppe beim Kauen der Erdnuss langsamer und zögerlicher waren ⁶⁴. Alkan et al. verglichen in ihrer Studie ebenfalls die Kaukraft einer Testgruppe, bestehend aus Parodontitis-Patienten, und verglich diese Gruppe mit einer Kontrollgruppe. Als Testmaterial verwendeten sie eine Druckmessfolie. Sie stellten einen bedeutenden Unterschied bezüglich der Kaukraft in beiden Gruppen fest ⁶⁵. Die Ergebnisse dieser Studie stimmen mit den Ergebnissen der Studie von Takeuchi et al. überein. Auch sie verwendeten zur Kaukraftmessung eine Druckmessfolie und kamen zu dem Ergebnis, dass ein Verlust parodontaler Strukturen mit einer Abnahme der Kaukraft einhergeht ⁶⁶.

Auch Borges et al. stellten fest, dass ein Abbau parodontaler Strukturen einen negativen Effekt auf die Kaukraft hat ⁶⁷. Sie untersuchten die Kaukraft von Parodontitis-Patienten und verglichen diese mit der Kaukraft einer Kontrollgruppe. Als Testmaterial diente eine mit Körnern gefüllte Kapsel (biocapsule). Zwischen beiden Gruppen machten sie hinsichtlich der Kaueffizienz einen signifikanten Unterschied fest ⁶⁷.

In der neuen Klassifikation der Parodontitis wird die Notwendigkeit einer komplexen Rehabilitation aufgrund einer Kaufunktionsstörung als eines der Kriterien im Stadium IV genannt. In

dieser Studie soll untersucht werden, ob die Parodontitis, wie in diversen anderen Studien dargestellt, mit einer Kaufunktionsstörung einhergeht. Falls dies der Fall ist, ist es von großer Bedeutung herauszufinden, in welchem Stadium der Parodontitis mit einer Kaufunktionsstörung zu rechnen ist.

Aufgrund der Tatsache, dass die Kaufunktion einen wichtigen Punkt für die neue Klassifikation der Parodontitis darstellt, ist es relevant, eine einfach anwendbare Methode zur Bewertung der Kaeffizienz anzubieten. Daher soll in dieser Studie der HueCheck-Gum-Test als eine Alternative zur objektiven Bewertung der Kaeffizienz vorgestellt werden.

2.8. Fragestellungen und Ziel der Arbeit

Bislang wird die Messung der objektiven Kaufunktion sowie die subjektive Erhebung nicht standardmäßig in die Diagnose und Behandlungsplanung bei Parodontitis-Patienten einbezogen. Zudem mangelt es derzeit an einer standardisierten Testmethode zur Objektivierung der Kaeffizienz, die in der täglichen Praxis leicht anzuwenden ist.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, patientenzentrierte klinische Befunde für die objektive Kaeffizienz und die subjektive Kaufähigkeit von Parodontitis-Patienten unter Verwendung von in der täglichen Praxis leicht anwendbaren Testmethoden zu untersuchen. Es sollte anhand dieser Pilot-Querschnittsstudie gezeigt werden, ob und inwiefern klinische parodontale Parameter die Kaeffizienz und die Kaufähigkeit beeinflussen.

Forschungsfrage: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen klinischen parodontalen Untersuchungsbefunden und subjektiver Qualität der Kaufunktion und objektiver Kaeffizienz bei Patienten mit Parodontitis im Stadium der unterstützenden Parodontaltherapie?

3. Material und Methoden

3.1. Studiendesign

Es wurde eine Querschnittsstudie im Rahmen eines klinischen Studierendenkurses der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie des Universitätsklinikums Köln durchgeführt.

3.1.1. Studienablauf

Im Rahmen der halbjährlichen Untersuchung im Rahmen der Heilfürsorge wurde nach der Allgemeinanamnese die Parodontaldiagnose dokumentiert. Im Anschluss erfolgte ein Kautest zur Bestimmung der objektiven Kaueffizienz. Zuletzt wurden die Probanden aufgefordert, einen Fragebogen zur Beurteilung der subjektiven Kaufähigkeit auszufüllen. Das lokale Ethikprüfungsgremium der Universität zu Köln (Studiennummer: 19-1066; Ausstellungsdatum: 15.03.2019) erteilte die Genehmigung für die Studie. Die Studie wurde im Deutschen Register für Klinische Studien mit der Studiennummer DRKS00019896 eingetragen. Alle durchgeführten Verfahren entsprachen den ethischen Standards des institutionellen Forschungsausschusses sowie der Erklärung von Helsinki von 1964 und ihren späteren Änderungen. Die informierte Zustimmung wurde von den Teilnehmern der Studie oder ihren Erziehungsberechtigten eingeholt.

3.1.2. Studienpopulation und klinische Charakteristika

In diese Studie wurden Parodontitis-Patienten an der Medizinischen Fakultät des Universitätsklinikums Köln eingeschlossen, die zwischen 01/2018 und 01/2019 zu ihrem regelmäßigen, halbjährlichen Termin für eine unterstützende Parodontaltherapie in die Klinik kamen. Alle Teilnehmer hatten eine allgemeine und zahnärztliche Krankenversicherung. Im Rahmen der Allgemeinanamnese wurden die Patienten über Alter, Allgemeinerkrankungen und Medikation befragt.

3.2. Parodontaldiagnostik/klinische orale Hauptbefunde

Im Rahmen der Parodontaldiagnostik wurden sieben verschiedene Parameter erhoben, die im Folgenden beschrieben werden.

3.2.1. Maximale Sondierungstiefe

Die Ausdehnung der parodontalen Tasche reicht vom Gingivarand bis zum Sulkusboden. Klinisch wird die Tiefe der parodontalen Tasche mithilfe einer Parodontalsonde gemessen⁶⁹. Hierfür wird eine Parodontalsonde mit einer Sondierungskraft von 0,2N in apikaler Richtung parallel zur Zahnachse in den Sulkus geschoben und die Tiefe am Messraster der Sonde abgelesen. Dies kann an beliebig vielen Stellen eines Zahnes erfolgen. Im Rahmen dieser Studie wurde die maximale Sondierungstiefe an sechs Stellen (mesiobukkal, bukkal, distobukkal, distooral, oral, mesiooral) pro Zahn gemessen.

3.2.2. Klinischer Attachmentlevel (CAL)

Bei physiologischen Verhältnissen ist der Gingivarand auf der Ebene der Schmelz-Zement-Grenze. Da der Gingivarand aber dennoch keine feste anatomische Struktur darstellt, wurde zur Beurteilung des Ausmaßes der parodontalen Destruktion der klinische Attachmentlevel (CAL= clinical attachment level) bestimmt⁷⁰. Der klinische Attachmentlevel ist definiert als die Distanz von der Schmelz-Zement-Grenze zum sondierbaren Taschenboden⁷¹. Die Schmelz-Zement-Grenze wurde daher als fixer Referenzpunkt zur Bestimmung des klinischen Attachmentlevels herangezogen.

3.2.3. Blutung bei Sondierung (BOP)

Das BOP ist ein Untersuchungsverfahren für die Diagnose einer Entzündung (Gingivitis, Parodontitis, Periimplantitis). Hierfür wird bei der Messung der Sondierungstiefen ohne Graduierung erfasst, ob eine Blutung nach Sondierung auftritt. Die Blutung gilt als ein Entzündungszeichen und entsteht aufgrund einer entzündungsbedingten Vasodilatation der Gefäße. Bei entzündungsfreien Verhältnissen blutet das Zahnfleisch nach Sondierung nicht. Die Erhebung erfolgt im 1. und 3. Quadranten vestibulär, im 2. und 4. Quadranten oral⁷². Bei Rauchern ist zu beachten, dass aufgrund des Tabakkonsums ein BOP ausbleiben kann. Der BOP wurde in der vorliegenden Studie pro gemessene Sondierungstiefe erfasst und wie folgt berechnet und in Prozent angegeben: $BOP = (\text{Anzahl blutender Stellen} / \text{Anzahl der Messstellen}) \times 100$.

3.2.4. Zahnlockerung

Der Grad der Zahnlockerung wurde mit einem manuellen Mobilitätstest ermittelt. Für die Bestimmung des Mobilitätsgrades wurde der zu untersuchende Zahn zwischen einer Finger-

kuppe und einem Instrument platziert und mit einer Kraft von ungefähr 5 N (ca. 500 g) in orofazialer Richtung hin und her bewegt ⁷³. Vier Mobilitätsgrade wurden unterschieden (Tabelle 2).

Tabelle 2 Grad der Zahnlockerung

Grad	Definition
0	physiologische, nicht erhöhte Zahnbeweglichkeit
1	erhöhte Zahnbeweglichkeit, spürbar oder sichtbar bis 1 mm horizontal
2	erhöhte Zahnbeweglichkeit, sichtbar über 1 mm horizontal
3	erhöhte Zahnbeweglichkeit, beweglich auf Lippen- und Zungendruck und/oder in axialer Richtung

3.2.5. Quigley-Hein-Index (QHI)

Der QHI ist ein Plaqueindex, welcher im Jahre 1962 von Quigley und Hein beschrieben und im Jahre 1970 von Turesky, Gilmore und Glickman modifiziert wurde ^{74,75}. Hierfür wurden die Zähne mit einem Plaque-revelator angefärbt, um die Verteilung der Plaque auf der koronalen Zahnoberfläche zu bewerten. Nur raue, mit Plaque bedeckte Oberflächen absorbieren den Plaque-revelator. Die Weisheitszähne waren von der Bewertung ausgeschlossen. In Tabelle 3 sind die fünf Grade des QHI aufgelistet.

Tabelle 3 Grade des QHI

Grad	Definition
0	keine Plaque
1	vereinzelte Plaqueinseln
2	deutliche, zusammenhängende, bis 1 mm breite Plaquelinie am Gingivarand
3	Plaquesausdehnung im zervikalen Zahndrittel
4	Plaquesausdehnung bis ins mittlere Zahndrittel
5	Plaquesausdehnung bis ins koronale Drittel

Der Index wird berechnet, indem die einzelnen Werte addiert und durch die Anzahl der untersuchten Zähne geteilt werden ⁷⁴.

3.2.6. Papillenblutungsindex (PBI) nach Saxer und Mühlemann

Der PBI ist ein Gingivaindex zur möglichst objektiven Verlaufskontrolle einer entzündlichen Zahnfleischerkrankung. Er wurde von Saxer und Mühlemann im Jahr 1975 entwickelt, um die Verbreitung und Schwere einer Zahnfleischerkrankung zu bestimmen⁷⁶, Außerdem ist er ein einfaches Verfahren, um dem Patienten die Entzündung und somit seine Mundhygiene deutlich zu machen.

Unter relativer Trockenlegung erfolgte zur Ermittlung des PBI die Sondierung des Zahnfleischsulkus im Papillenbereich mit einer stumpfen Parodontalsonde, welche in einem Winkel von 45° zur Zahnachse schräg in den Sulkus geführt wurde. Alle vier Quadranten wurden sondiert, wobei die Sondierung im 1. und 3. Quadranten nur von oral und im 2. und 4. Quadranten nur von vestibulär erfolgte, um den Aufwand zu begrenzen. Die ermittelten Blutungswerte wurden in ein Schema eingetragen und einem von vier Blutungsgraden zugeordnet (Tabelle 4).

Tabelle 4 PBI-Grade

Grad	Definition
0	keine Blutung
1	einzelner Blutungspunkt
2	mehrere Blutungspunkte oder schmale Blutlinie
3	Ausfüllen des interdentalen Dreiecks mit Blut
4	profuse Blutung nach Sondierung, Blut fließt über den Zahn oder Gingiva

Der Papillenblutungsindex wurde berechnet, indem die einzelnen Messwerte addiert und durch die Anzahl der Messpunkte geteilt wurden.

3.2.7. Funktionelle Einheit

Die okklusale Einheit ist definiert als natürlicher oder mit festsitzendem Zahnersatz hergestellter antagonistischer Kontakt im Seitenzahnbereich^{77,78}. Die modifizierte okklusale Einheit wird gebildet durch abnehmbar ersetzte antagonistische Seitenzähne. Dabei bildet ein antagonistisches Prämolaren-Paar eine okklusale Einheit, wohingegen ein antagonistisches Molaren-Paar zwei okklusale Einheiten bildet^{79,80}. Demnach hat ein vollbezahnter mit 12 okklusalen Einheiten das Maximum an okklusalen Einheiten. Auch ein mit einer OK- und UK-Totalpro-

these therapierter Patient besitzt 12 modifizierte okklusale Einheiten. Es ist wichtig zu erwähnen, dass hierbei nur die Seitenzähne, also die Prämolaren und die Molaren, in Betracht gezogen werden.

3.3. HueCheck-Gum-Test und ViewGum-Software

Das Ziel des von Schimmel et al. im Jahr 2007 entwickelten Farbdurchmischungstests (Hue-Check Gum), welcher die Grundlage dieser Studie darstellt, ist die objektive Ermittlung der Kaufunktion ⁵¹. Für diesen Test wurden zwei Kaugummis (entwickelt von Orophys GmbH, Bern, Schweiz) mit unterschiedlichen Farben (rot und blau) nach Befeuchtung mit Wasser zusammengedrückt und auf der Zunge des Probanden platziert (Abbildung 2A und B). Der Proband wurde aufgefordert, den Kaugummi zu kauen (Abbildung 2C). Dabei sollte die Kausequenz so normal wie möglich sein. Es wurde kein Zeitlimit festgelegt und ein Seitenwechsel während des Kauens war zugelassen. Nach 20 Kauzyklen wurde der Kauvorgang abrupt gestoppt. Nach Entnahme aus dem Mund wurde der Kaugummi mittig in einer Plastiktüte platziert. Der Kaugummi wurde im Anschluss mithilfe einer Schablone auf eine Dicke von 1 mm gepresst (Abbildung 2D), mit einem Flachbrett-Scanner beidseitig mit einer Auflösung von 300 dpi gescannt und in die Software (z.B. ViewGum) importiert (Abbildungen 2E und 2F) ⁸¹.



A. HueCheck Gum einzeln



B. HueCheck Gum beim Befeuchten



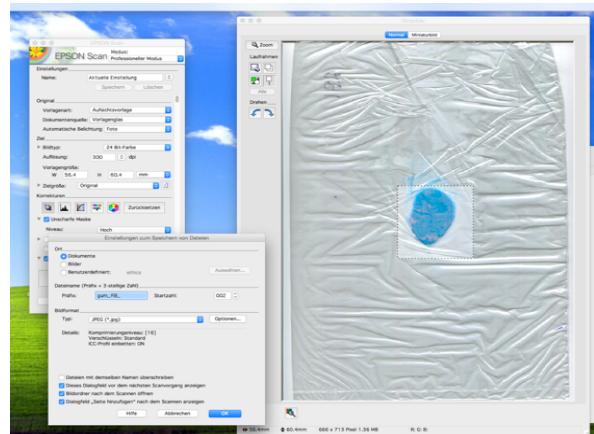
C. HueCheck Gum nach 20 Kauzyklen



D. HueCheck Gum beim Walzen auf 1 mm Dicke



E. Prüfkaugummi im Scanner



F. Eingescannter Kaugummi

Abbildung 2 Durchführung des HueCheck-Gum-Tests

Nach dem Importieren der Datei wurde mit freihändig gezeichneten Mausspuren ein Vordergrund, bestehend aus dem Kaugummi (gelbe Mausspur), und ein Hintergrund (rote Mausspur) definiert (Abbildung 3). Sowohl im Vordergrund als auch im Hintergrund wurde für jedes einzelne Pixel ein Farbwert bestimmt. Anhand der definierten Farbwerte kann jedes außerhalb der Mausspur liegende Pixel entweder dem Vorder- oder dem Hintergrund zugeordnet werden. Die Software ermittelt daraus den Bereich des Kaugummis ⁸¹.

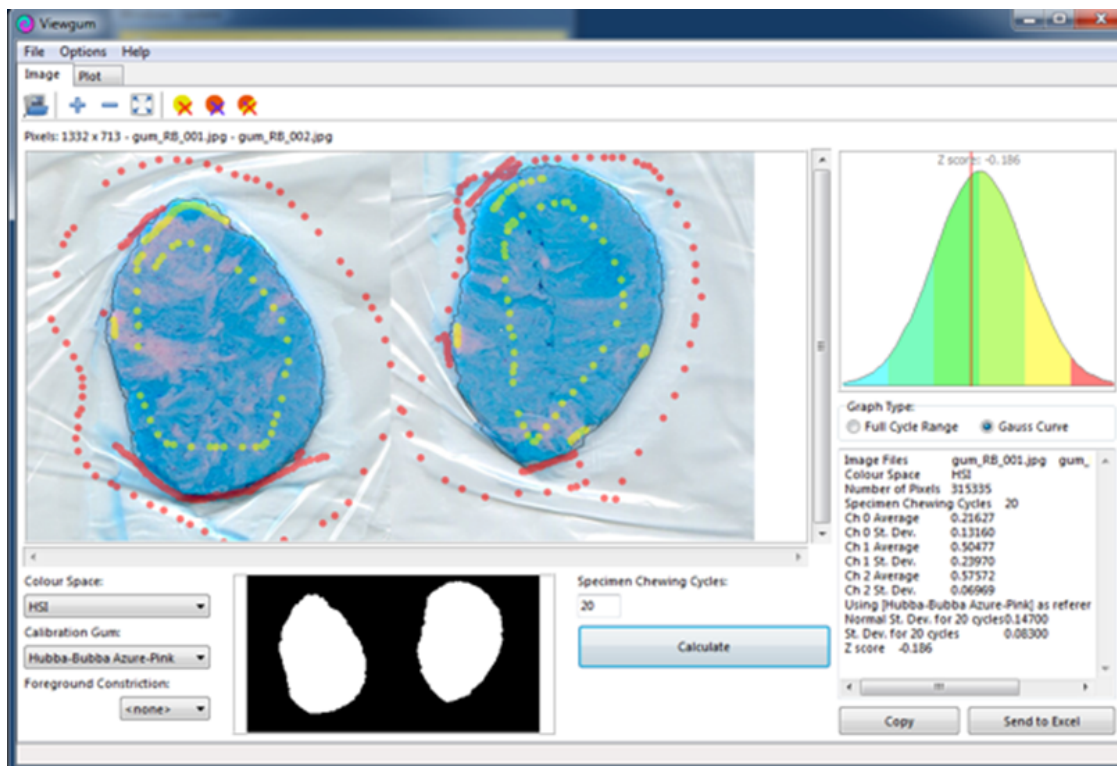


Abbildung 3 Durchführung des HueCheck-Gum-Tests

3.4. Quality of Masticatory Function (QMF-Fragebogen)

Der QMF-Fragebogen wurde ursprünglich in französischer Sprache verfasst und besteht aus 29 Fragen zur Schwierigkeit des Kauens verschiedener Lebensmittel ⁶. Tabelle 5 bietet eine Übersicht der ins Deutsche übersetzten Fragen des QMF.

Tabelle 5 Der QMF-Fragebogen

QMF-Fragebogen
1. Haben Sie Schwierigkeiten, mundgerechte Stücke von Rindfleisch zu kauen?
2. Haben Sie Schwierigkeiten, mundgerechte Stücke von Hühnerfleisch zu kauen?
3. Haben Sie Schwierigkeiten, Rinderhackfleisch zu essen?
4. Haben Sie Schwierigkeiten, harte rohe Gemüsesorten zu essen, ohne sie vorher in kleine Stücke zu schneiden?
5. Haben Sie Schwierigkeiten, hartes Obst (z.B. Äpfel) zu essen, ohne sie vorher in kleine Stücke zu schneiden?
6. Haben Sie Schwierigkeiten, Obst zu kauen, das Sie vorher geviertelt haben?
7. Haben Sie Schwierigkeiten, die Schale von harten Früchten zu kauen?
8. Haben Sie Schwierigkeiten, krosses Brot zu kauen?
9. Haben Sie Schwierigkeiten, Nüsse und Körner zu kauen?
10. Haben Sie Schwierigkeiten, mit Ihrem Zahnersatz zu kauen?
11. Müssen Sie Ihre Prothesen entfernen, um zu essen?
12. Müssen Sie beim Essen trinken, um das Schlucken der Nahrung zu vereinfachen?
13. Fügen Sie extra Soßen zu Ihrem Essen hinzu, damit Sie besser schlucken können?
14. Weichen Sie ihr Essen ein, damit Sie es besser kauen oder schlucken können?
15. Müssen Sie sich beim Essen aufgrund ihrer Zähne einschränken?
16. Ist Ihre Nahrung im Allgemeinen gut zerkaut, bevor Sie sie schlucken?
17. Können Sie Rindfleisch in mundgerechten Stücken essen?
18. Müssen Sie das Rindfleisch weiter zerkleinern, um es essen zu können?
19. Können Sie Hühnerfleisch in mundgerechten Stücken essen?
20. Müssen Sie Hühnerfleisch weiter zerkleinern, um es essen zu können?
21. Müssen Sie Fleisch pürieren, um es essen zu können?
22. Können Sie einen Apfel essen, ohne ihn vorher zu zerschneiden?
23. Müssen Sie Äpfel schälen, um sie kauen zu können?
24. Müssen Sie Äpfel vierteln, um sie essen zu können?
25. Müssen Sie Äpfel in kleine Stücke schneiden, um sie essen zu können?
26. Müssen Sie Obst pürieren, um es essen zu können?
27. Können Sie frische Möhren essen, ohne sie vorher klein zu schneiden?
28. Müssen Sie frische Möhren in kleine Stücke schneiden, um sie essen zu können?
29. Müssen Sie frische Möhren pürieren, um sie essen zu können?

3.5. Statistische Auswertung

Kontinuierliche Variablen wurden als Mittelwerte (Standardabweichung), abhängig von den Verteilungseigenschaften, zusammengefasst. Qualitative Variablen wurden durch Anzahl und Prozentsatz beschrieben. Die Korrelation von klinischen Merkmalen und oralen Befunden mit der objektiven Kaueffizienz (OME) und der subjektiven Kaufunktion (QMF) wurde mit Pearson χ^2 berechnet, wobei das Signifikanzniveau auf $p < 0,05$ festgelegt wurde. Die logistische Regressionsanalyse wurde verwendet, um mögliche klinisch relevante Assoziationen zu bewerten. Daher wurden die abhängigen Variablen „Objektive Kaueffizienz (OME)“ und „Subjektive Kaufunktion (QMF)“ festgelegt. Die Anzahl der Zähne, QHI, BOP, die mittlere Sondierungstiefe, das mittlere Attachmentlevel, der mittlere maximale Zahnmobilitätsindex, die funktionelle Okkusionseinheit und das Staging wurden als unabhängige Variablen festgelegt. Alle Berechnungen wurden mit SPSS Statistics 25 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) durchgeführt.

4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse für jeden untersuchten Parameter einzeln dargestellt.

4.1. Klinische Charakteristika

Insgesamt nahmen 224 Parodontitis-Patienten an der Studie teil (Tabelle 6). Das Durchschnittsalter lag bei 64 ± 12 Jahren (Standardabweichung, Spanne: 32 bis 90 Jahre). Etwa die Hälfte der Patienten war weiblich (49,6%, n = 111).

Tabelle 6 Patientencharakteristika und klinische Charakteristika

Parameter	
Alter in Jahren (Spanne)	64 ± 12,0 (32 – 90)
Comorbiditäten	
Anzahl gesamt	165
Anzahl pro Patient im Durchschnitt (Spanne)	1.4 ± 1,4 (0 – 9)
Medikamente pro Tag	
Anzahl gesamt	161
Anzahl pro Patient im Durchschnitt (Spanne)	1.9 ± 2,2 (0 – 12)
Recall-Termine	
Anzahl gesamt	219
Anzahl pro Patient im Durchschnitt (Spanne)	9,7 ± 8,3 (1 – 37)
Geschlecht	
Frauen, Anzahl (%)	111 (49,6)
Männer, Anzahl (%)	113 (50,4)
Parodontitisdiagnose nach alter Klassifikation, Anzahl (%)	
lokalisiert	65 (29,7)
generalisiert	154 (70,3)
mild	36 (16,7)
moderat	113 (52,3)
schwer	67 (31,0)
chronisch	216 (99,1)
aggressiv	2 (0,9)
Parodontitisdiagnose nach alter Klassifikation, Anzahl (%)	
lokalisiert	67 (30,7)
generalisiert	151 (69,3)
Stadium 1	22 (10,1)
Stadium 2	113 (51,8)
Stadium 3	63 (28,9)
Stadium 4	20 (9,2)
Grad A	16.1 (35,0)
Grad B	166 (76,1)
Grad C	17 (7,8)

Die oralen und dentalen Diagnosen der Patienten sind in Tabelle 7 aufgeführt. Alle Patienten wurden einer Erhaltungstherapie unterzogen, wobei die durchschnittliche Anzahl der halbjährlich wahrgenommenen Recall-Termine $9,7 \pm 8,3$ betrug. Bei den meisten Patienten wurde gemäß der alten Klassifikation eine generalisierte mittelschwere chronische Parodontitis diagnostiziert, ihnen wurden $1,9 \pm 2,3$ tägliche Medikamente verschrieben und sie hatten im Durchschnitt $1,4 \pm 1,4$ komorbide Erkrankungen (Tabelle 2). In Bezug auf die parodontale Untersuchung betrug der mittlere QHI $1,4 \pm 1,7$, die mittlere Sondierungstiefe $2,5 \pm 0,5$ mm, der mittlere BOP $10,7 \pm 9,8$ und das mittlere Attachmentlevel $4,2 \pm 1,2$. Die mittlere Zahnbeweglichkeit lag bei $0,7 \pm 1,1$.

Tabelle 7 Orale und dentale Diagnosen der Studienteilnehmer

	Erhaltungstherapie Patienten (n=224)
Anzahl der Zähne, n Mittelwert \pm Standardabweichung	223 22.6 ± 6.2
QHI, n Mittelwert \pm Standardabweichung	202 1.4 ± 1.7
Probing depth (mm), n Mittelwert \pm Standardabweichung	219 2.5 ± 0.5
Durchschnittliches Attachmentlevel, n Mittelwert \pm Standardabweichung	199 4.2 ± 1.2
BOP Mittelwert \pm Standardabweichung	216 10.7 ± 9.8
Zahnlockerungsgrad	
Maximum, n Mittelwert \pm Standardabweichung	216 0.7 ± 1.1
Modal, n Mittelwert \pm Standardabweichung	216 0.4 ± 0.8
Kaufunktion	
Funktionelle okklusale Einheiten, n Mittelwert \pm Standardabweichung	222 7.3 ± 4.3

OME (HueCheck Gum), n	224
Mittelwert ± Standardabweichung	0.1 ± 0.1
QMF, n	141
Mittelwert ± Standardabweichung	33 ± 19.7
Mundtrockenheit, n (%)	28 (21.9)

4.2. Objektive Kaeffizienz und subjektive Kaufunktion

Die mittlere objektive Kaeffizienz (OME) betrug $0,1 \pm 0,1$ und der mittlere Summenwert der subjektiven Kaufunktion (QMF) betrug $25 \pm 17,1$. Es gab eine signifikante Korrelation zwischen der objektiven Kaeffizienz (OME) und der subjektiven Kaufunktion (QMF) ($\chi^2 = 0,252$, $p = 0,037$). Bei der Untersuchung der Ergebnisse der objektiven Kaeffizienz (OME) und der subjektiven Kaufunktion (QMF) bezogen auf das Stadium der neuen Klassifikation von Parodontalerkrankungen zeigte die objektive Kaeffizienz im Stadium 4 ($0,2 \pm 0,2$) geringfügig höhere Werte als im Stadium 1–3 (Stadium 1: $0,1 \pm 0,1$; Stadium 2: $0,1 \pm 0,1$; Stadium 3: $0,1 \pm 0,1$). In Bezug auf die subjektive Kaufunktion zeigten die Mittelwerte relativ zum Stadium auch hier die höchsten Werte im Stadium 4 ($35,3 \pm 26,9$), gefolgt von Stufe 1 ($26,7 \pm 24,1$), Stufe 2 ($26,6 \pm 17$) und den niedrigsten Werten für Stufe 3 ($19,6 \pm 10,6$).

4.3. Korrelation zwischen der objektiven Kaeffizienz, der subjektiven Kaufunktion und den klinischen Parodontitis-Parametern

Die Korrelationsanalyse ergab signifikante Korrelationen zwischen der objektiven Kaeffizienz (OME) und Anzahl der Zähne ($\chi^2 = -0,317$, $p < 0,001$), Mundhygiene (QHI: $\chi^2 = 0,152$, $p = 0,031$), mittlere Sondierungstiefe ($\chi^2 = 0,185$, $p = 0,006$), mittleres Attachmentlevel ($\chi^2 = 0,268$, $p < 0,001$), maximale Zahnbeweglichkeit ($\chi^2 = 0,147$, $p = 0,031$) und funktionelle Okklusionseinheiten ($\chi^2 = -0,423$, $p < 0,001$). In Bezug auf den Entzündungsparameter BOP wurde kein Zusammenhang mit der objektiven Kaeffizienz gezeigt. Bezogen auf die Korrelationen mit der subjektiven Kaufunktion wurde ein statistischer Trend für die Anzahl der Zähne ($\chi^2 = -0,237$, $p = 0,050$) und die funktionellen Okklusionseinheiten ($\chi^2 = -0,238$, $p = 0,058$) gezeigt (Tabelle 8). Klinische parodontale Parameter zeigten keine Assoziationen mit subjektiven Bewertungsergebnissen. Schaut man sich die Berechnungen der Korrelationen in den einzelnen Stadien an, fällt auf, dass die meisten Assoziationen im Stadium 2 auftreten. Stadium 2 zeigt alle untersuchten klinischen Parameter, die mit der objektiven Kaeffizienz assoziiert sind,

während im Stadium 1 und 3 nur die Anzahl der Zähne und die funktionellen Okklusionseinheiten mit der objektiven Kaueffizienz assoziiert sind. Im Stadium 4 besteht keine Assoziation zwischen der objektiven Kaueffizienz und den erhobenen Parametern.

Tabelle 8 Pearson's Korrelationen zwischen oralen und zahnärztlichen Parametern, OME und QMF

	OME (n=292)	p	QMF (n=180)	p
Anzahl der Zähne, n Pearson's rho	223 -0.317	< 0.001*	69 -0.237	0.050
QHI, n Pearson's rho	202 0.152	0.031*	64 -0.005	0.971
Mittlere Sondierungstiefe (mm), n Pearson's rho	219 0.185	0.006*	69 0.026	0.831
Mittleres Attachmentlevel, n Pearson's rho	199 0.268	< 0.001*	63 -0.100	0.437
BOP, n Pearson's rho	216 0.000	1.0	67 -0.030	0.807
Zahnlockerung, Maximum, n Pearson's rho	216 0.147	0.031*	68 0.008	0.946
Funktionelle okklusale Einheiten, n Pearson's rho	222 -0.423	< 0.001*	68 -0.231	0.058

4.4. Regressionsanalyse

Die Anzahl der funktionellen Okklusionseinheiten beeinflusste die objektive Kaueffizienz ($p = 0,012$). Die abhängige Variable subjektive Kaufunktion wurde durch die unabhängigen Variablen Sondierungstiefe ($p = 0,045$) und Staging gemäß der neuen Parodontitis-Klassifikation ($p = 0,013$) beeinflusst.

5. Diskussion

In der vorliegenden Querschnittsstudie wurde untersucht, wie sich die klinischen Ergebnisse der subjektiven Qualität der Kaufunktion und der objektiven Kaeffizienz bei Patienten mit Parodontitis darstellen und mit diesen Untersuchungsverfahren zusammenhängen. Im Folgenden werden die Ergebnisse zusammengefasst, in die Literatur eingeordnet, und die Limitationen der Studie beschrieben.

5.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Parodontitis-Patienten in der unterstützenden Therapiephase, die Werte für die objektive Kaeffizienz und die subjektiv empfundene Kaufähigkeit korrelieren. Das Parodontitis-Staging gemäß der aktuellen Klassifikation von Parodontalerkrankungen zeigt sowohl für die objektive Kaeffizienz als auch die subjektive Kaufunktion im Stadium 4 die höchsten Werte. Alle bewerteten klinischen parodontalen Parameter (Anzahl der Zähne, Mundhygiene, mittlere Sondierungstiefe, mittleres Attachmentlevel, maximale Zahnbeweglichkeit, funktionelle Okklusionseinheiten) mit Ausnahme der Entzündung waren insbesondere im Stadium 2 mit der objektiven Kaeffizienz assoziiert. Die Anzahl der Zähne und funktionellen okklusalen Einheiten waren mit der subjektiv empfundenen Kaufunktion assoziiert, parodontale klinische Parameter jedoch nicht, abgesehen von der Sondierungstiefe und dem Staging gemäß der neuen Parodontitis-Klassifikation. Dies bedeutet, dass die eigene Einschätzung der Kaufunktion eher von der Anzahl der Zähne und dem Stadium nach aktueller Klassifikation abhängt als von klinisch-parodontalen Faktoren.

5.2. Einordnung in die Literatur

In Bezug auf die externe Validität bestand die Studienpopulation hauptsächlich aus relativ gesunden, älteren Erwachsenen mit mittelschwerer Parodontitis, die derzeit die Patienten darstellen, die in Deutschland am häufigsten eine Parodontaltherapie benötigen⁸². Die hier erhobenen Daten legen nahe, dass die subjektive Kaufunktion mit der Kaeffizienz in Wechselwirkung steht und dass daher die Kombination aus beiden Testverfahren ein zuverlässiges Instrument zur Beurteilung der Kaufunktion in der täglichen klinischen Praxis zu sein scheint. Wie bereits von anderen Autoren beschrieben⁸³, bestätigen die Daten den Einfluss der parodontalen Situation auf die Kaeffizienz, auch wenn dies die erste Studie ist, die die neue Parodontitis-Klassifikation miteinbezieht. Eine Verringerung des Attachmentlevels führt zum Verlust von Mechanorezeptoren. Dies kann mit einer gestörten Regulation der Kaukräfte in Verbindung gebracht werden⁶⁴. Zusätzlich tritt häufig ein ungünstiges Kronen-Wurzel-Verhältnis

mit stärker freiliegenden Wurzeloberflächen auf, das (zusammen mit dem zusätzlichen Risiko der Entwicklung von Wurzelkaries) auch zur Entwicklung der Zahnbeweglichkeit beitragen könnte. Es ist bekannt, dass entzündliche parodontale Zustände die Ursache für eine pathologische Zahnlockerung sein können⁸⁴. Entzündungen können als Zustand angesehen werden, der das parodontale Gewebe langfristig beeinflusst, und diese strukturellen Veränderungen wiederum nehmen Einfluss auf die Kaufunktion. Wie in der Studie angegeben, hat die Literatur bereits gezeigt, dass ein Zusammenhang zwischen gelockerten Zähnen und der Kaufunktion besteht und dass eine Verringerung der Zahnbeweglichkeit den Kaukomfort erhöht⁸⁵. In der Studienpopulation hatte eine parodontale Entzündung, die durch die Blutung beim Sondieren (BOP) dargestellt wurde, keinen Einfluss auf die Kaufunktion oder die Kaeffizienz. Dies unterstreicht die Tatsache, dass die strukturellen Gegebenheiten während der parodontalen Langzeitbehandlung eine wichtigere Rolle für die Kaufunktion spielen als mögliche akute Entzündungsprozesse. Bei einer Gruppe von Patienten, die nach erfolgreicher Parodontitis-Therapie regelmäßig zum Recall (jetzt UPT) einbestellt werden, wird der BOP (gemäß der neuen Klassifikation) ermittelt, um die Stabilität der parodontalen Situation zu bewerten und um Zahnfleischentzündungen oder eine erneute parodontale Instabilität festzustellen. Ein lokaler BOP mit allgemeiner Stabilität hat im Gegensatz zu den langfristigen strukturellen Veränderungen bei aktiver oder rezidivierender Parodontitis keinen Einfluss auf die Kaeffizienz. Es erscheint plausibel, dass diese im Gegensatz zu den langfristig berücksichtigten strukturellen Bedingungen eine untergeordnete Rolle für die Kaeffizienz spielen. Für die zahnärztliche Praxis bedeutet dies, dass effektive und leicht anwendbare Methoden zur Erfassung der strukturellen Gegebenheiten für die Ermittlung der Kaeffizienz erforderlich sind, während der BOP für diese Ermittlung nicht unbedingt erfasst werden muss.

Die Korrelation zwischen OME-Ergebnissen und Parodontitis-relevanten Parametern wie Anzahl der Zähne, Mundhygiene, Attachmentlevel, Zahnbeweglichkeit und Anzahl der funktionellen Okklusionseinheiten wird von der Literatur unterstützt. Mikroneurographische Studien haben einen Zusammenhang zwischen parodontalen Afferenzen und Beiß- sowie Kaukräften des Unter- und Oberkiefers gezeigt. Es wurde vermutet, dass der Verlust parodontaler Strukturen zu einem Mangel an übertragenen Informationen und damit zu einer Beeinträchtigung oder Störung der Intensität beim Beißen und Kauen führen kann, was wiederum zu einer geringeren Kaumuskelaktivität führt⁸⁶⁻⁹⁰. Darüber hinaus hat die Zahnbeweglichkeit, die aufgrund eines Attachmentlevels bei Parodontitis-Patienten zustande kommt, zur Folge, dass die maximale Beißkraft im Molarenbereich infolge von Beschwerden abnimmt^{91,92}. Der Schweregrad der Parodontitis beeinflusst die Kauleistung bei Patienten mit natürlichem Gebiss sowie bei Patienten mit unterschiedlichen okklusalen Stützzonen⁸³. Diese Ergebnisse sind im Einklang mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie und zeigen, dass der parodontale Zustand die Kaufunktion beeinflusst^{86,91,93}.

Viele der in den Studien verwendeten Methoden wurden jedoch basierend auf Daten und Berechnungen in der Theorie entwickelt und lassen sich nur schwer in der täglichen klinischen Praxis anwenden. Im Gegensatz dazu stellt der in dieser Studie verwendete HueCheck-Gum-Test eine einfache und praktische Alternative zur objektiven Bewertung der Kau-effizienz dar und kann in einer umfassenden, patientenzentrierten Beratung in jeder zahnärztlichen Umgebung angewendet werden. Der Test dauert nicht lange und die Auswertung kann mit einfachen Mitteln automatisch durchgeführt werden. Dies macht es einfach, den Fortschritt eines Patienten zu überwachen (z.B. vor und nach der Parodontaltherapie, welche Vorteile bietet die prothetische Rehabilitation usw.). Derzeit ist die Aussagekraft des Tests noch dadurch limitiert, dass er relativ neu ist und noch nicht an großen Kohorten validiert wurde. In Zukunft können Studien mit größeren Kohorten zu der Etablierung dieses Tests in der Praxis beitragen und Vorhersagen zu der Veränderung der Kaufunktion nach einer Behandlung ermöglichen. Langfristig ist es daher sinnvoll, einen globalen Vergleich objektiver Messparameter für Testmethoden wie den HueCheck-Gum-Test zu erstellen und damit zu validieren. Das Ziel zukünftiger Untersuchungen sollte es sein, Referenzwerte für verschiedene Alters- und Zahngruppen zu ermitteln, die effektiv in der täglichen klinischen Praxis zur Beurteilung der Kaufunktion verwendet werden können.

Ein weiterer interessanter Aspekt der vorliegenden Ergebnisse ist der Zusammenhang zwischen der Kau-effizienz und dem Plaque-Index und damit der Mundhygienefähigkeit. Den vermutlich komplexen möglichen Wechselwirkungen zwischen diesen Parametern könnte der folgende Zyklus zugrunde liegen: Eine insuffiziente Mundhygiene führt zu einer stärkeren Plaqueakkumulation. Hierdurch kommt es vermehrt zu Entzündungen und schließlich zu einer höheren Beweglichkeit der Zähne, was sich wiederum negativ auf die Kaufunktion auswirkt. Diese wiederum könnte dann zu veränderten Ernährungsgewohnheiten führen, wie beispielsweise einem höheren Konsum weicherer, leicht kaubarer Lebensmittel ²¹. Es wurde gezeigt, dass die Aufnahme solcher oft kohlenhydratreichen Lebensmittel (neben den bekannten Auswirkungen auf intraorale pH-Level und dem dadurch negativ beeinflussten Kariesrisiko) die Struktur des intraoralen Biofilms nachteilig beeinflusst ⁹⁴, so dass der Zyklus erneut mit einer verminderten Mundhygiene beginnt.

Des Weiteren wurde ein Zusammenhang zwischen der subjektiven Kaufunktion und der Anzahl der Zähne sowie den okklusalen funktionellen Einheiten beobachtet, während kein Zusammenhang zwischen der subjektiven Kauffunktion und parodontalen Parametern bestand. Die Patienten der vorliegenden Studie nahmen seit vielen Jahren am regelmäßigen parodontalen Recall teil. Selbst wenn die Kauffunktion anfangs möglicherweise eingeschränkt gewesen wäre, hätte die Anpassung an Parodontitis-bedingte strukturelle Veränderungen über Jahre stattgefunden. Es ist nicht überraschend, dass ohne eine akute Änderung der Situation, bei-

spielsweise aufgrund eines zusätzlichen Zahnverlusts, eine möglicherweise bestehende Einschränkung der Kaufunktion vom Patienten nicht wahrgenommen wurde. Es wäre jedoch von Interesse zu bestimmen, ob die anfängliche parodontale Behandlung in verschiedenen Phasen der parodontalen Therapie unterschiedliche Ergebnisse zeigte. Es ist denkbar, dass die Erstaufklärung eines Patienten zu Beginn der Parodontaltherapie die Aufmerksamkeit auf das Kauen richten und somit die Ergebnisse beeinflussen könnte.

Die Kaeffizienz zeigte im Stadium IV etwas schlechtere Werte gemäß der neuen Klassifikation als in den Stadien 1–3. Das Staging beeinflusste auch die Qualität der Kaufunktion, mit den höchsten Werten für das Stadium 4. Daraus lässt sich schließen, dass die zunehmende Komplexität der Parodontitis mit zunehmendem Stadium einen Einfluss auf die subjektiv empfundene Kaufähigkeit hat. Interessanterweise wird in der neuen Klassifikation der Parodontalerkrankungen die Notwendigkeit einer komplexen Rehabilitation aufgrund einer Kaufunktionsstörung ausdrücklich als eines der Kriterien in Stadium 4 genannt, obwohl in den anderen Stadien die Kaufunktionsstörung nicht zusätzlich erwähnt wird⁹⁵. Die vorliegenden Daten liefern jedoch erste Hinweise darauf, dass eine objektiv messbare Einschränkung der Kaufunktion, die durch parodontitisrelevante Parameter beeinflusst wird, nicht in Stadium 4, sondern bereits in Stadium 2 auftritt. Wenn daher die Kauffunktion bei der Diagnose der Parodontitis in allen Stadien gemäß der neuen Klassifikation als wichtige Teildiagnose hervorgehoben wird, sind auch standardisierte Diagnoseverfahren mit Referenzwerten erforderlich, um die Diagnose in der täglichen klinischen Praxis zu ermöglichen. Dies scheint auch durch unsere deskriptiven Daten zu objektiven Maßnahmen dargestellt zu werden⁹⁵. Darüber hinaus lohnt es sich zu untersuchen, ob ältere Menschen von den in dieser Studie gezeigten Effekten genauso betroffen sein könnten, da andere Autoren über eine Unterschätzung der oralen Befunde mit zunehmendem Alter berichtet haben^{47,96}. Es wurde berichtet, dass die subjektive Wahrnehmung nach einer parodontalen Behandlung mit einer Verbesserung der klinischen Parameter abnahm und zusätzlich durch die Anzahl der Zähne und die Sondierungstiefen vor der Therapie beeinflusst wurde⁹⁷.

5.3. Limitationen

Die vorliegende Studie weist einige Limitationen auf, die im Folgenden adressiert werden sollen. Als erste Limitation ist die Tatsache zu nennen, dass die Kaeffizienz ausschließlich anhand des HueCheck-Gum-Tests beurteilt wurde. Es handelt sich bei diesem Test um eine relativ neue Methode zur objektiven Messung der Kaeffizienz. Die Vorteile des Tests liegen in der einfachen Durchführbarkeit und einem geringen Risiko, sich an dem Kaugummi zu verschlucken, sodass er auch für ältere Menschen mit stark beeinträchtigter Kaufunktion infrage

kommt⁹⁸. Dies ist ein Vorteil gegenüber anderen verfügbaren Tests zur Messung der Kau-effizienz, da die Verwendung von größeren Nahrungsmengen zur Auslösung des Kaureflexes führen könnte. Zudem besteht der Kaugummi aus einem Material, das langfristig seine Eigenschaften beibehält und nicht an den Zähnen oder Zahnprothesen festklebt⁹⁸. Aufgrund der bisher nur begrenzten Messung der Validität des HueCheck-Gum-Tests ist es denkbar, dass andere Methoden, wie beispielsweise die Messung der maximalen Beißkraft oder der elektro-myografischen Kaumuskelaktivität, genauere Ergebnisse erzielen könnten. Der HueCheck-Gum-Test wurde jedoch für die vorliegende Studie bewusst ausgewählt, um eine Methode zu verwenden, die für die tägliche Praxis so praktisch wie möglich ist.

Eine weitere Limitation ist die unterschiedliche Anzahl von Patienten in den Staging-Gruppen. Dies kam dadurch zustande, dass es sich um eine Querschnittsstudie mit Patienten aus Studierendenkursen handelte, im Rahmen derer keine zusätzlichen Patienten rekrutiert wurden, um gleich große Gruppen zu erhalten.

Als letzte Einschränkung der Studienergebnisse ist zu erwähnen, dass Patienten mit unterstützender Parodontaltherapie über eine längere Zeit am Recall teilnahmen. Folglich ist es möglich, dass potenziell zugrunde liegende funktionelle Probleme bereits behoben wurden. Sicherlich wäre eine Längsschnittuntersuchung vor und nach der ersten Parodontaltherapie mit Schwerpunkt auf der aktuellen Staging-Klassifikation relevant, um Referenzwerte und Behandlungsempfehlungen in den verschiedenen Stadien herauszuarbeiten.

Schlussfolgerung

Bei Parodontitispatienten, die sich einer unterstützenden Parodontaltherapie unterziehen, sind objektive Kau-effizienzwerte und subjektive Qualität der Kaufunktion assoziiert und die hier beschriebenen Testverfahren für den Einsatz in der täglichen Praxis geeignet. Differenziert nach dem Staging der aktuellen Parodontitis-Klassifikation sind die Werte für beide Testverfahren im Stadium 4 am höchsten. Klinische parodontale Parameter beeinflussen insbesondere im Stadium 2 die objektive Kau-effizienz, akute Entzündungen im Sinne einer lokalisierten Gingivitis dagegen unabhängig vom Staging. Die Anzahl der Zähne und funktionellen Kaeinheiten sind mit der subjektiven Qualität der Kaufunktion assoziiert, während klinische Parodontitisbefunde einen geringeren Einfluss haben. In die Diagnose und Behandlungsplanung von Parodontitis-Patienten sollte routinemäßig eine Beurteilung des Kauens in allen Stadien mit einfach anwendbaren subjektiven und objektiven Testmethoden einbezogen werden, um den vom Patienten während der Therapie erlebten Verlauf zu dokumentieren und frühzeitig therapeutisch auf Veränderungen reagieren zu können.

6. Literaturverzeichnis

1. Oncescu Moraru AM, Preoteasa CT, Preoteasa E. Masticatory function parameters in patients with removable dental prosthesis. *J Med Life* 2019; **12**(1): 43-8.
2. Kolb G, Leischker A, Rehmann P, Wöstmann B. Kaufunktion und Ernährungsstatus. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2016; **41**(04): 271-4.
3. López R, Smith PC, Göstemeyer G, Schwendicke F. Ageing, dental caries and periodontal diseases. *J Clin Periodontol* 2017; **44 Suppl 18**: S145-s52.
4. Muller K, Morais J, Feine J. Nutritional and anthropometric analysis of edentulous patients wearing implant overdentures or conventional dentures. *Braz Dent J* 2008; **19**(2): 145-50.
5. Nilsson H, Berglund JS, Renvert S. Periodontitis, tooth loss and cognitive functions among older adults. *Clinical Oral Investigations* 2018; **22**(5): 2103-9.
6. Hilaraca-Mamani M, Barbosa T, Fegadolli C, Castelo P. Validity and reliability of the quality of masticatory function questionnaire applied in Brazilian adolescents. *CoDAS* 2016; **28**: 149-54.
7. Manly RS, Braley LC. Masticatory performance and efficiency. *J Dent Res* 1950; **29**(4): 448-62.
8. Langer A, Michman J, Seifert I. Factors influencing satisfaction with complete dentures in geriatric patients. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1961; **11**: 1019-31.
9. Carlsson GE. Bite force and chewing efficiency. *Front Oral Physiol* 1974; **1**(0): 265-92.
10. Mowlana F, Heath MR, Van der Bilt A, Van der Glas HW. Assessment of chewing efficiency: a comparison of particle size distribution determined using optical scanning and sieving of almonds. *J Oral Rehabil* 1994; **21**(5): 545-51.
11. Wöstmann B, Michel K, Brinkert B, Melchheier-Weskott A, Rehmann P, Balkenhol M. Influence of denture improvement on the nutritional status and quality of life of geriatric patients. *J Dent* 2008; **36**(10): 816-21.
12. Lucas PW, Luke DA. Methods for analysing the breakdown of food in human mastication. *Archives of Oral Biology* 1983; **28**(9): 813-9.
13. Wöstmann B, Seelbach M, Seelbach P, et al. Mini dental assessment: a simple screening test for non-dental staff. *Clin Oral Investig* 2017; **21**(5): 1457-64.
14. Sato Y, Minagi S, Akagawa Y, Nagasawa T. An evaluation of chewing function of complete denture wearers. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1989; **62**(1): 50-3.
15. Baba K, John MT, Inukai M, Aridome K, Igarahsi Y. Validating an alternate version of the chewing function questionnaire in partially dentate patients. *BMC Oral Health* 2009; **9**(1): 9.
16. Persic S, Palac A, Vojvodic D, Celebić A. Development of a new chewing function questionnaire (CFQ):factor analysis; 2012.

17. Müller F, Nitschke I. [Oral health, dental state and nutrition in older adults]. *Z Gerontol Geriatr* 2005; **38**(5): 334-41.
18. Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Chewing efficiency and state of dentition. A methodologic study. *Acta Odontol Scand* 1978; **36**(1): 33-41.
19. Kayser AF. Shortened dental arch: a therapeutic concept in reduced dentitions and certain high-risk groups. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989; **9**(6): 426-49.
20. Liang S, Zhang Q, Witter DJ, Wang Y, Creugers NH. Effects of removable dental prostheses on masticatory performance of subjects with shortened dental arches: A systematic review. *J Dent* 2015; **43**(10): 1185-94.
21. Kossioni AE. The Association of Poor Oral Health Parameters with Malnutrition in Older Adults: A Review Considering the Potential Implications for Cognitive Impairment. *Nutrients* 2018; **10**(11).
22. Schimmel M, Katsoulis J, Genton L, Müller F. Masticatory function and nutrition in old age. *Swiss Dent J* 2015; **125**(4): 449-54.
23. Laudisio A, Gemma A, Fontana DO, et al. Self-Reported Masticatory Dysfunction and Mortality in Community Dwelling Elderly Adults: A 9-Year Follow-Up. *J Am Geriatr Soc* 2016; **64**(12): 2503-10.
24. Onder G, Liperoti R, Soldato M, Cipriani MC, Bernabei R, Landi F. Chewing problems and mortality in older adults in home care: results from the Aged in Home Care study. *J Am Geriatr Soc* 2007; **55**(12): 1961-6.
25. Rangé H, Perier MC, Boillot A, et al. Chewing capacity and ideal cardiovascular health in adulthood: A cross-sectional analysis of a population-based cohort study. *Clin Nutr* 2020; **39**(5): 1440-6.
26. Schwahn C, Polzer I, Haring R, et al. Missing, unreplaced teeth and risk of all-cause and cardiovascular mortality. *Int J Cardiol* 2013; **167**(4): 1430-7.
27. Saunders J, Smith T. Malnutrition: causes and consequences. *Clin Med (Lond)* 2010; **10**(6): 624-7.
28. Kumar A, Almotairy N, Merzo JJ, et al. Chewing and its influence on swallowing, gastrointestinal and nutrition-related factors: a systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2022: 1-31.
29. Brodeur JM, Laurin D, Vallee R, Lachapelle D. Nutrient intake and gastrointestinal disorders related to masticatory performance in the edentulous elderly. *J Prosthet Dent* 1993; **70**(5): 468-73.
30. Tada A, Miura H. Association of mastication and factors affecting masticatory function with obesity in adults: a systematic review. *BMC Oral Health* 2018; **18**(1): 76.

31. Le Révérend BJ, Edelson LR, Loret C. Anatomical, functional, physiological and behavioural aspects of the development of mastication in early childhood. *Br J Nutr* 2014; **111**(3): 403-14.
32. Hovorakova M, Lesot H, Peterka M, Peterkova R. Early development of the human dentition revisited. *J Anat* 2018; **233**(2): 135-45.
33. Türp JC, Alt, K.W., Schindler, H.J. . Okklusion. In: Hugger A, Türp, J.C., Kerschbaum, T. , ed. *Orale Physiologie*. Berlin: Quintessenz; 2006: 1-34.
34. Jiang N, Guo W, Chen M, et al. Periodontal Ligament and Alveolar Bone in Health and Adaptation: Tooth Movement. *Front Oral Biol* 2016; **18**: 1-8.
35. Barczyk M, Bolstad AI, Gullberg D. Role of integrins in the periodontal ligament: organizers and facilitators. *Periodontol 2000* 2013; **63**(1): 29-47.
36. Koolstra JH. Dynamics of the human masticatory system. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002; **13**(4): 366-76.
37. JPD. The glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent* 2005; **94**(1): 10-92.
38. Akeel R, Nilner M, Nilner K. Masticatory efficiency in individuals with natural dentition. *Swed Dent J* 1992; **16**(5): 191-8.
39. Dhaliwal J. Does tooth loss affect ability to eat fruit und vegetables among British adults? : University of Newcastle upon Tyne; 2003.
40. Conrad HJ, Schulte JK, Vallee MC. Fractures related to occlusal overload with single posterior implants: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2008; **99**(4): 251-6.
41. Mohl ND. Diagnostische Grundlagen: Eine Übersicht. In: Mohl ND, Zarb, G.A., Carlsson, G.E., Rugh, J.D., ed. *Lehrbuch der Okklusion*. Berlin: Quintessenz; 1990: 205-38.
42. Fontijn-Tekamp FA, Slagter AP, Van Der Bilt A, et al. Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *J Dent Res* 2000; **79**(7): 1519-24.
43. Bates JF, Stafford GD, Harrison A. Masticatory function - a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *J Oral Rehabil* 1976; **3**(1): 57-67.
44. Slagter AP, van der Glas HW, Bosman F, Olthoff LW. Force-deformation properties of artificial and natural foods for testing chewing efficiency. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1992; **68**(5): 790-9.
45. Slagter AP, Olthoff LW, Bosman F, Steen WH. Masticatory ability, denture quality, and oral conditions in edentulous subjects. *J Prosthet Dent* 1992; **68**(2): 299-307.
46. Okiyama S, Ikebe K, Nokubi T. Association between masticatory performance and maximal occlusal force in young men. *J Oral Rehabil* 2003; **30**(3): 278-82.
47. Ikebe K, Matsuda K, Morii K, Furuya-Yoshinaka M, Nokubi T, Renner RP. Association of masticatory performance with age, posterior occlusal contacts, occlusal force, and salivary flow in older adults. *Int J Prosthodont* 2006; **19**(5): 475-81.

48. Nokubi T, Yoshimuta Y, Nokubi F, et al. Validity and reliability of a visual scoring method for masticatory ability using test gummy jelly. *Gerodontology* 2013; **30**(1): 76-82.
49. Sato H, Fueki K, Sueda S, et al. A new and simple method for evaluating masticatory function using newly developed artificial test food. *J Oral Rehabil* 2003; **30**(1): 68-73.
50. Sato S, Fueki K, Sato H, et al. Validity and reliability of a newly developed method for evaluating masticatory function using discriminant analysis. *J Oral Rehabil* 2003; **30**(2): 146-51.
51. Schimmel M, Christou P, Herrmann F, Müller F. A two-colour chewing gum test for masticatory efficiency: development of different assessment methods. *J Oral Rehabil* 2007; **34**(9): 671-8.
52. Lundmark A, Hu YOO, Huss M, Johannsen G, Andersson AF, Yucel-Lindberg T. Identification of Salivary Microbiota and Its Association With Host Inflammatory Mediators in Periodontitis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* 2019; **9**.
53. Jensen A, Ladegaard Grønkjær L, Holmstrup P, Vilstrup H, Kilian M. Unique subgingival microbiota associated with periodontitis in cirrhosis patients. *Sci Rep*, 2018. (accessed 2018/07//).
54. Eke PI, Dye BA, Wei L, et al. Update on Prevalence of Periodontitis in Adults in the United States: NHANES 2009 to 2012. *Journal of periodontology* 2015; **86**(5): 611-22.
55. BZÄK. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). 2015.
56. Marsh PD. Dental plaque as a microbial biofilm. *Caries Res* 2004; **38**(3): 204-11.
57. Page RC, Schroeder HE. Pathogenesis of inflammatory periodontal disease. A summary of current work. *Lab Invest* 1976; **34**(3): 235-49.
58. Kornman KS, Page RC, Tonetti MS. The host response to the microbial challenge in periodontitis: assembling the players. *Periodontol 2000* 1997; **14**: 33-53.
59. Payne WA, Page RC, Ogilvie AL, Hall WB. Histopathologic features of the initial and early stages of experimental gingivitis in man. *J Periodontal Res* 1975; **10**(2): 51-64.
60. Brex MC, Fröhlicher I, Gehr P, Lang NP. Stereological observations on long-term experimental gingivitis in man. *J Clin Periodontol* 1988; **15**(10): 621-7.
61. Liljenberg B, Lindhe J, Berglundh T, Dahlén G, Jonsson R. Some microbiological, histopathological and immunohistochemical characteristics of progressive periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1994; **21**(10): 720-7.
62. Armitage GC. Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. *Northwest Dent* 2000; **79**(6): 31-5.
63. Caton JG, Armitage G, Berglundh T, et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions - Introduction and key changes from the 1999 classification. *J Clin Periodontol* 2018; **45 Suppl 20**: S1-s8.

64. Johansson AS, Svensson KG, Trulsson M. Impaired masticatory behavior in subjects with reduced periodontal tissue support. *J Periodontol* 2006; **77**(9): 1491-7.
65. Alkan A, Keskiner I, Arici S, Sato S. The effect of periodontitis on biting abilities. *J Periodontol* 2006; **77**(8): 1442-5.
66. Takeuchi N, Yamamoto T. Correlation between periodontal status and biting force in patients with chronic periodontitis during the maintenance phase of therapy. *J Clin Periodontol* 2008; **35**(3): 215-20.
67. Borges Tde F, Regalo SC, Taba M, Jr., Siéssere S, Mestriner W, Jr., Semprini M. Changes in masticatory performance and quality of life in individuals with chronic periodontitis. *J Periodontol* 2013; **84**(3): 325-31.
68. da Costa Santos CM, de Mattos Pimenta CA, Nobre MR. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Rev Lat Am Enfermagem* 2007; **15**(3): 508-11.
69. Wolf HF. Befunderhebung – Diagnose – Prognose. Parodontologie. 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2012.
70. Karmakar S, Prakash S. Clinical attachment level: An unsung hero in periodontal diagnosis. *International Journal of Advanced Research* 2019; **7**: 106-11.
71. López R, Fernández O, Jara G, Baelum V. Epidemiology of clinical attachment loss in adolescents. *J Periodontol* 2001; **72**(12): 1666-74.
72. Lang NP, Adler R, Joss A, Nyman S. Absence of bleeding on probing. An indicator of periodontal stability. *Journal of clinical periodontology* 1990; **17**(10): 714-21.
73. Nyman S, Lindhe, J. . Examination of Patients with Periodontal Disease. In: Lindhe J, Karring, T., Lang, N., ed. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. Oxford: Blackwell Munksgaard; 2003: 403-13.
74. Quigley GA, Hein JW. Comparative cleansing efficiency of manual and power brushing. *Journal of the American Dental Association* 1962; **65**: 26-9.
75. Turesky S, Gilmore ND, Glickman I. Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of vitamin C. *J Periodontol* 1970; **41**(1): 41-3.
76. Saxer UP, Mühlemann HR. [Motivation and education]. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 1975; **85**(9): 905-19.
77. Hildebrandt GH, Dominguez BL, Schork MA, Loesche WJ. Functional units, chewing, swallowing, and food avoidance among the elderly. *J Prosthet Dent* 1997; **77**(6): 588-95.
78. Hildebrandt GH, Loesche WJ, Lin CF, Bretz WA. Comparison of the number and type of dental functional units in geriatric populations with diverse medical backgrounds. *J Prosthet Dent* 1995; **73**(3): 253-61.
79. van der Bilt A, Olthoff LW, Bosman F, Oosterhaven SP. Chewing performance before and after rehabilitation of post-canine teeth in man. *J Dent Res* 1994; **73**(11): 1677-83.

80. van der Bilt A, Olthoff LW, Bosman F, Oosterhaven SP. The effect of missing postcanine teeth on chewing performance in man. *Arch Oral Biol* 1993; **38**(5): 423-9.
81. Schimmel M, Christou P, Miyazaki H, Halazonetis D, Herrmann FR, Müller F. A novel colourimetric technique to assess chewing function using two-coloured specimens: Validation and application. *J Dent* 2015; **43**(8): 955-64.
82. Jordan RA, Bodechtel C, Hertrampf K, et al. The Fifth German Oral Health Study (Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie, DMS V) - rationale, design, and methods. *BMC Oral Health* 2014; **14**: 161.
83. Kosaka T, Ono T, Yoshimuta Y, et al. The effect of periodontal status and occlusal support on masticatory performance: the Suita study. *J Clin Periodontol* 2014; **41**(5): 497-503.
84. Gher ME. Changing concepts. The effects of occlusion on periodontitis. *Dent Clin North Am* 1998; **42**(2): 285-99.
85. Fan J, Caton JG. Occlusal trauma and excessive occlusal forces: Narrative review, case definitions, and diagnostic considerations. *J Periodontol* 2018; **89 Suppl 1**: S214-s22.
86. Lamba AK, Tandon S, Faraz F, Garg V, Aggarwal K, Gaba V. Effect of periodontal disease on electromyographic activity of muscles of mastication: A cross-sectional study. *Journal of Oral Rehabilitation* 2020; **47**(5): 599-605.
87. Trulsson M. Control of biting in humans - use of sensory information. *Acta Physiol Scand* 1999; **167**(2): A16.
88. Trulsson M. Force encoding by human periodontal mechanoreceptors during mastication. *Arch Oral Biol* 2007; **52**(4): 357-60.
89. Trulsson M, Johansson RS. Encoding of tooth loads by human periodontal afferents and their role in jaw motor control. *Prog Neurobiol* 1996; **49**(3): 267-84.
90. Trulsson M, Johansson RS, Olsson KA. Directional sensitivity of human periodontal mechanoreceptive afferents to forces applied to the teeth. *J Physiol* 1992; **447**: 373-89.
91. Palinkas M, Borges TdF, Junior MT, et al. Alterations in masticatory cycle efficiency and bite force in individuals with periodontitis. *Int J Health Sci (Qassim)* 2019; **13**(1): 25-9.
92. Gilbert AD, Newton JP. The effect of chronic periodontal disease on human jaw muscles: a pilot study using computed tomography. *J Oral Rehabil* 1997; **24**(4): 259-64.
93. Kato S, Ekuni D, Kawakami S, Mude AH, Morita M, Minagi S. Relationship between severity of periodontitis and masseter muscle activity during waking and sleeping hours. *Arch Oral Biol* 2018; **90**: 13-8.
94. Zaura E, ten Cate JM. Dental plaque as a biofilm: a pilot study of the effects of nutrients on plaque pH and dentin demineralization. *Caries Res* 2004; **38 Suppl 1**: 9-15.
95. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *J Periodontol* 2018; **89 Suppl 1**: S159-s72.

96. Barbe AG, Bock N, Derman SH, Felsch M, Timmermann L, Noack MJ. Self-assessment of oral health, dental health care and oral health-related quality of life among Parkinson's disease patients. *Gerodontology* 2017; **34**(1): 135-43.
97. Pereira LJ, Gazolla CM, Magalhães IB, et al. Treatment of chronic periodontitis and its impact on mastication. *J Periodontol* 2011; **82**(2): 243-50.
98. Buser R, Ziltener V, Samietz S, Fontollet M, Nef T, Schimmel M. Validation of a purpose-built chewing gum and smartphone application to evaluate chewing efficiency. *J Oral Rehabil* 2018; **45**(11): 845-53.

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Zerkleinerungstest zur Ermittlung der Kaufunktion nach Wöstmann ¹³	15
Abbildung 2 Durchführung des HueCheck-Gum-Tests	25
Abbildung 3 Durchführung des HueCheck-Gum-Tests	26

7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Staging und Grading entsprechend der 2018 Parodontitis-Klassifikation ⁶³	18
Tabelle 2 Grad der Zahnlockerung.....	22
Tabelle 3 Grade des QHI	22
Tabelle 4 PBI-Grade.....	23
Tabelle 5 Der QMF-Fragebogen	27
Tabelle 6 Patientencharakteristika und klinische Charakteristika	29
Tabelle 7 Orale und dentale Diagnosen der Studienteilnehmer	30
Tabelle 8 Pearson's Korrelationen zwischen oralen und zahnärztlichen Parametern, OME und QMF	32

7.3 Mundhygienestatus (PBI & QHI)

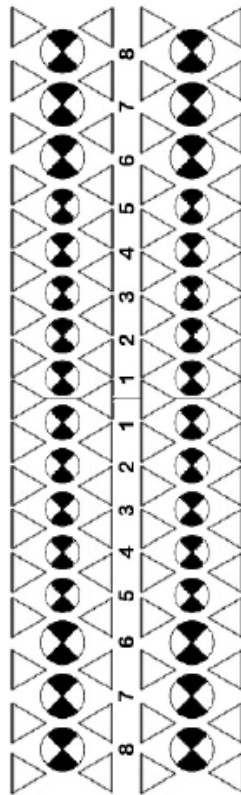


MUNDHYGIENESTATUS

PATIENT:

1. Sitzung

Datum:

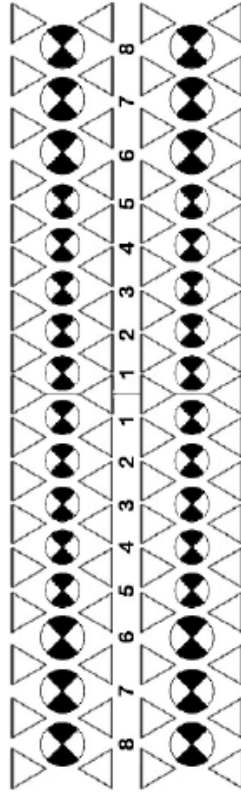


PBI/BOP: / Quigley & Hein: /

Trend: ↓ → ↑

2. Sitzung

Datum:

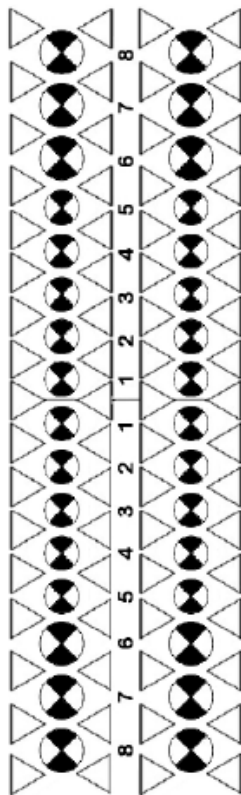


PBI/BOP: / Quigley & Hein: /

Trend: ↓ → ↑

3. Sitzung

Datum:

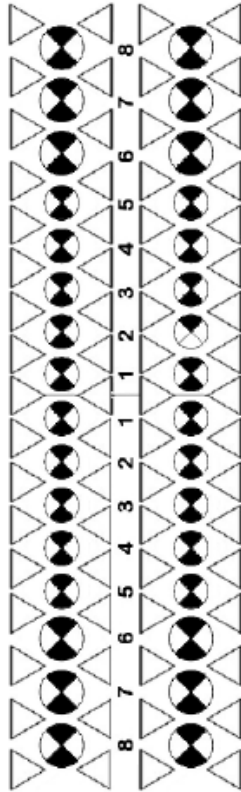


PBI/BOP: / Quigley & Hein: /

Trend: ↓ → ↑

4. Sitzung

Datum:



PBI/BOP: / Quigley & Hein: /

Trend: ↓ → ↑

Häusliche Mundhygiene

Hilfsmittel

	Zahnbürste	Zahnpaste	Interdental	Sonstige
vor MHI				
nach MHI				

Sonstiges (Technik, Frequenz, Fähigkeit, Durchführungsdefizit?, Halitosis etc.):

7.4 Parodontitis Staging (DG Paro)

Parodontitis Stadium STAGING		Stadium I	Stadium II	Stadium III	Stadium IV
Schweregrad	Interdentaler CAL an der Stelle mit dem größten Verlust	1-2 mm	3-4 mm	≥ 5 mm	≥ 5 mm
	Röntgenologischer Knochenabbau	Koronaes Drittel (< 15 %)	Koronaes Drittel (15-33 %)	Mittleres bis apikales Drittel	Mittleres bis apikales Drittel
	Zahnverlust	Kein Zahnverlust aufgrund von Parodontitis		Zahnverlust aufgrund von Parodontitis von ≤ 4 Zähnen	Zahnverlust aufgrund von Parodontitis von ≥ 5 Zähnen
Komplexität	Lokal	Maximale Sondierungstiefe ≤ 4 mm	Maximale Sondierungstiefe 4-5 mm	Zusätzlich zur Komplexität des Stadium II: Sondierungstiefe ≥ 6mm	Zusätzlich zur Komplexität des Stadium III: Notwendigkeit einer komplexen, interdisziplinären Rehabilitation aufgrund von:
		Vorwiegend horizontaler Knochenabbau	Vorwiegend horizontaler Knochenabbau	Vertikaler Knochenabbau ≥ 3mm Furkationsbefall Grad II oder III Moderater Kammdefekt	Mastikatorischer Dysfunktion Sekundärem okklusalen Trauma (Zahnbeweglichkeit ≥ Grad 2) Ausgeprägtem Kammdefekt Verlust der Bisshöhe, Zahnwanderungen, Auffächerung der Front Weniger als 20 Restzähne mit 10 okkludierenden Paaren
Ausdehnung und Verteilung	Wird zur genaueren Beschreibung des Staging verwendet	Für jedes Stadium Ausdehnung als lokalisiert (< 30 % der Zähne), generalisiert oder als Molaren/Inzisiven Muster beschreiben			

7.5 Parodontitis Grading (DG Paro)

Parodontitis GRADING		Grad A: langsame Progressionsrate	Grad B: moderate Progressionsrate	Grad C: rasche Progressionsrate	
Primäre Kriterien	Direkte Evidenz	Longitudinale Daten (röntgenologischer Knochenabbau oder Parodontalstatus mit Angabe des CAL)	Kein Verlust	< 2 mm über 5 Jahre	≥ 2 mm über 5 Jahre
	Indirekte Evidenz	Knochenabbau (%)/ Alter	< 0,25	0,25-1,00	> 1,00
		Phänotyp	Erheblicher Biofilm	Zerstörung proportional zum Biofilm	Größere Zerstörung, als Biofilm-Ablagerungen erwarten lassen; das klinische Bild lässt Episoden rapider Zerstörung und/oder einer früh beginnenden Erkrankung (z.B. Molaren-Inzisivi Muster oder behandlungsresistente Erkrankung)
Modifikatoren	Risikofaktoren	Rauchen	Nichtraucher	Raucher, < 10 Zig./Tag	Raucher, ≥10 Zig./Tag
		Diabetes	Kein Diabetiker, normoglykämisch	HbA1c < 7,0 % bei Patienten mit Diabetes	HbA1c ≥ 7,0 % bei Patienten mit Diabetes

8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie wurden in der folgenden Publikation veröffentlicht.

- 8.1. Barbe, A. G., Javadian, S., Rott, T., Scharfenberg, I., Deutscher, H. C. D., Noack, M. J., & Derman, S. H. M. (2020). Objective masticatory efficiency and subjective quality of masticatory function among patients with periodontal disease. *Journal of clinical periodontology*, 47(11), 1344–1353.
<https://doi.org/10.1111/jcpe.13364>