

Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde Tübingen

Lehrstuhl für Zahnärztliche Prothetik und
Zahnärztlich Implantologische Versorgung

**Untersuchungen zur Kaufunktion von Patienten
mit kombiniert festsitzend-herausnehmbarem
Zahnersatz auf Doppelkronen**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Woitzky, Olivia Maria**

2026

Dekan: Professorin Dr. S. Y. Brucker

1. Berichterstatter: Professor Dr. F. Hüttig

2. Berichterstatter: Professor Dr. N. Schmitz

Tag der Disputation: 09.07.2026

Meiner Familie gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Physiologie des menschlichen Kauens	2
1.2	Einfluss des menschlichen Kauens auf den Organismus	4
1.3	Grundbegriffe des Kauens	6
1.3.1	Kauvermögen, Kaufähigkeit, Kaueffizienz und Kauleistung	6
1.3.2	Kaukraft und Beißkraft	8
1.4	Einflüsse auf die Kauleistung	9
1.5	Objektive Testverfahren zur Bewertung der Kauleistung	10
1.6	Kombiniert festsitzend-herausnehmbarer Zahnersatz	13
1.6.1	Vorteile	16
1.6.2	Nachteile	17
1.6.3	Prothesenkinematik	17
1.7	Oral Health Impact Profile (OHIP)	18
1.8	Die Mutterstudie und Ziele	20
1.8.1	Zielsetzung der multizentrischen Studie	20
1.8.2	Ziel der vorliegenden Untersuchung	22
1.9	Forschungsfragen und Hypothesen	22
2	Material und Methoden	23
2.1	Studienteilnahme und Auswahl des Patientenkollektivs	24
2.1.1	Einschlusskriterien	24
2.1.2	Ausschlusskriterien	24
2.2	Materialien und Geräte	25
2.2.1	OHIP-G14-Fragebogen	25
2.2.2	Testnahrung	25
2.2.3	Fotoboxen	26
2.3	Studienablauf	29
2.3.1	Anamnese und Befunderhebung	29
2.3.2	Kaufunktionstest nach Prof. Slavicek	30
2.3.3	Beschriftung	33
2.3.4	Fotografieren mit Digitalkamera und Fotobox	34

2.4	Datenquellen und Variablen	35
2.5	Datenbereinigung und fehlende Daten	36
2.6	Statistische Auswertung	37
2.6.1	Beschreibende Statistik	37
2.6.2	Schließende Statistik	39
3	Ergebnisse	40
3.1	Studienpopulation	40
3.2	Ausgangsbefund und Gruppeneinteilung	43
3.3	Kauleistung	48
3.3.1	Doppelkronen (DK-) Gruppen	48
3.3.2	Reduzierte Restgebiss (RR-) Gruppen	54
3.4	OHIP-G14-Fragebogen	58
3.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	67
3.5.1	Beantwortung der Forschungsfragen und zusammenfassende Untersuchung der Hypothesen	69
4	Diskussion	71
4.1	Diskussion der Methode und Materialien	71
4.1.1	Diskussion des MEI	74
4.2	Diskussion der Ergebnisse	76
4.2.1	Einflussfaktoren auf die Kauleistung	76
4.2.2	OHIP-G14	86
4.3	Schlussfolgerung	90
4.3.1	Therapeutische Konsequenzen	92
4.3.2	Forschungsbedarf	94
5	Zusammenfassung	95
6	Literaturverzeichnis	98
7	Erklärung zum Eigenanteil	110
8	Danksagung	112
9	Anhang	113
9.1	Fragebogen Kauffunktionstest	113
9.2	Tabellen	124

Abkürzungsverzeichnis

BOP	Bleeding on probing
BR	Reduziertes Restgebiss in beiden Kiefern
DK	Doppelkronen
ESG	Einstückgussprothese
IQR	interquartile Range
.jpeg	Joint Photographic Expert Group
Kombi-ZE	kombiniert festsitzend-herausnehmbarer Zahnersatz
MDH	Mindesthaltbarkeitsdatum
MEI	Masticatory Efficiency Index
MNA	Minimal Nutritional Assessment
MLQ	mundgesundheitsbezogene Lebensqualität
mind.	mindestens
N	Newton
NR	Reduziertes Restgebiss in keinem Kiefer
OHIP	Oral Health Impact Profile
OHRQoL	Oral Health-related Quality of Life
OK	Oberkiefer
OR	Reduziertes Restgebiss in einem Kiefern
RL	Reduziertes Restgebiss im Unterkiefer
resp.	respektive
RU	Reduziertes Restgebiss im Oberkiefer

s	Sekunde
SKT	standardisierter Kauffunktionstest
SD	Secure Digital
UK	Unterkiefer
USB	Universal Serial Bus
ZE	Zahnersatz

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit setzt sich mit der Kauleistung von Patienten auseinander, die mit kombiniert feststehend-herausnehmbarem Zahnersatz auf Doppelkronen versorgt sind.

Die Relevanz dieses Themas beruht zum einen auf der Tatsache einer zunehmend älter werdenden Bevölkerung und zum anderen auf der Bedeutsamkeit des Kauens als essenzieller Bestandteil zur Nahrungsaufnahme beim Menschen.

Durch den demografischen Wandel müssen zunehmend ältere Menschen zahnärztlich versorgt werden: Das Statistische Bundesamt gab 2019 bekannt, dass die Zahl der 67- bis 79-Jährigen in Deutschland von 2021 bis 2037 von gut 10 Millionen auf über 14 Millionen stark ansteigen wird. Die Gruppe der Menschen über 80 Jahre wird von 2022 bis zum Jahr 2050 von 6,2 Millionen auf 8,9 bis 10,5 Millionen ebenfalls steigen. Durch verbesserte Lebensumstände, einen rückläufigen Anteil an Rauchern, abnehmendem Alkoholkonsum und fortschrittliche medizinische Versorgung wird eine steigende Lebenserwartung prognostiziert (Statistisches Bundesamt, 2019). Es wird angenommen, dass bis zum Jahr 2060 fast jeder Dritte ein Alter über 65 Jahre aufweisen wird (Grünheid and Sulak, 2016).

Präventionserfolge führen zu einer verbesserten Mundgesundheit in der deutschen Bevölkerung. Das sorgt dafür, dass es immer weniger zahnlose Patienten gibt und Senioren ihre eigenen Zähne länger behalten. Auch hat sich die Anzahl der kariösen, fehlenden und restaurierten Zähne sowie die Anzahl an primär gesunden Zähnen jüngerer Senioren im Alter zwischen 65 und 74 Jahren verbessert. Das zeigt ein Vergleich der fünften und sechsten deutschen Mundgesundheitsstudie (Jordan et al., 2016) (Samietz et al., 2025) (Jordan et al., 2025). 89,6% der befragten Senioren in dieser Altersgruppe stellen sich regelmäßig zu zahnärztlichen Kontrolluntersuchungen vor (Micheelis and Geyer, 2016). Knapp jeder vierte jüngere Senior gibt an, eine professionelle Zahnreinigung regelmäßig in Anspruch zu nehmen (Micheelis and Geyer,

2016). Trotzdem fehlten in den Jahren 2022 / 2023 in der genannten Altersgruppe jüngeren Senioren im Durchschnitt 8,6 Zähne (Samietz et al., 2025).

Zur Rehabilitation des stomatognathen Systems ist dabei die Versorgung mit einer Teilprothese - neben der zunehmend festsitzenden und kostspieligen Versorgung auf Implantaten (Nitschke and Stark, 2016) - eine geeignete Therapieoption (Wöstmann et al., 2025).

Die prothetische Versorgung soll in vorliegender Arbeit in Beziehung zur Kaufunktion gesetzt werden, welche bekanntermaßen einen großen Einfluss auf den gesamten Organismus des Menschen hat und zugleich von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird.

Im ersten Kapitel werden zunächst grundlegende Begrifflichkeiten des Kauens näher erläutert und ein Überblick über Kaufunktion und Teilprothesen, die auf Doppelkronen befestigt sind, gegeben. Der daran angrenzende Abschnitt befasst sich mit der Erhebung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität. Zuletzt wird die Entstehung der Studie und das Studiendesign sowie die Zielsetzung der Arbeit dargelegt.

1.1 Physiologie des menschlichen Kauens

Das Kauen, auch als Mastikation bezeichnet, ist ein komplexer biomechanischer Vorgang. Er dient der systematischen Zerkleinerung von Lebensmitteln sowie der Lubrikation (Befeuchtung) und Durchmischung mit Speichel. Mit dem Kauakt beginnt die Vorbereitung der Nahrung zur Energie- und Nährstoffgewinnung durch eine Vergrößerung der Oberfläche.

Im Speichel enthaltene Bestandteile dienen nicht nur der enzymatischen Aufspaltung zugeführter Kohlenhydrate. Neben der Abwehr pathogener Erreger, einer Spül- und Pufferfunktion, der Remineralisation der Zähne und der Schutz der Mundschleimhaut, bindet der Speichel die Nahrungspartikel aneinander (Lehmann et al., 2012). Eine Respiration kleiner Partikel während

des Schluckens wird so vermieden (Prinz and Lucas, 1997). Der entstandene Speisebrei (Bolus) wird so gleit- und transportfähig (Lehmann et al., 2012).

Der Kauvorgang, der ein Zusammenspiel vielzähliger Funktionseinheiten, Strukturen und Gewebe erfordert, schließt sich unmittelbar nach der Zuführung der Nahrung in den Mund an. Die Muskulatur der Lippen, Wangen und Zunge befördert die Nahrung zwischen die Seitenzähne, bevor der Kauzyklus einsetzt (Schindler and Hugger, 2006). Er ist neben der Atmung ein typisches rhythmisches Verhaltensmuster bei Säugetieren (Okayasu et al., 2003).

Die Kieferbewegungen während eines Kauzyklus lassen sich in folgende Phasen unterteilen: Beginnend mit einer Öffnungsphase, folgt eine schnelle Schließphase. Angrenzend daran ist eine langsame Schließphase, die Phase des sogenannten „power strokes“, in der die eigentliche Krafteinwirkung erfolgt und eine Durchdringung der Nahrung mit den Zähnen bewirkt. Die Abfolge endet mit einer kurzen okklusalen Haltephase (Schindler and Hugger, 2006). Mehrere Kauzyklen wiederum ergeben eine Kausequenz (Jenni and Pieren, 2006). Diese definiert sich von der Zufuhr bis zum Schlucken der zerkleinerten Nahrung (Schindler and Hugger, 2006). Funktionell wird die Nahrung dabei immer wieder selektiert („selection“), zwischen den Zahnreihen positioniert und zerkleinert („breakage“) (Schindler and Hugger, 2006). Die abwechselnden Kieferöffnungs- sowie -schließbewegungen und Kraftzüge sind abgestimmt mit der koordinierten Aktivität der Zunge und der Gesichtsmuskulatur. Die Lebensmittelbeschaffenheit beeinflusst dabei die Bewegungsmuster, die Muskelaktivität und die Rhythmik des Kauens (Okayasu et al., 2003) (Nakamura et al., 2004).

Bei Teil- und Totalprothesenträgern werden abweichende bzw. veränderte Bewegungsmuster beim Kauen beobachtet (Gonçalves et al., 2014). Eine eindeutige Unterscheidung zwischen physiologischen und pathophysiologischen Kaumustern ist aufgrund großer Variabilität von Vorgängen während des Kauprozesses allerdings schwierig (Slavicek, 2010).

Der motorische Befehl für das Grundmuster rhythmischer Mund- und Gesichtsbewegungen wird zentral durch eine ausgewählte neuronale

Population im unteren Hirnstamm erzeugt, der als zentraler Rhythmusgenerator (Central Pattern Generator, CPG) bezeichnet wird. Die Erzeugung dieser zentralen rhythmischen Muster lässt sich in drei Prozesse unterteilen: Erzeugung des Kaurhythmus, Erzeugung eines Aktivitätenmusters der Kiefer-, Zungen- und Gesichtsmuskulatur und Koordination beteiligter Muskeln (Nakamura and Katakura, 1995).

Eine Dysbalance dieses Systems ist mit potenziellen pathophysiologischen Auswirkungen verbunden. Die zuvor erläuterte Physiologie des Kauens bildet die Grundlage dafür, im nächsten Schritt den Einfluss des Kauvorgangs auf den menschlichen Organismus zu beleuchten.

1.2 Einfluss des menschlichen Kauens auf den Organismus

Wie Slavicek et al. bereits betonen, ist ein intaktes stomatognathes System für die Vitalfunktion des Körpers von großer Bedeutung (Slavicek et al., 2009b).

Bei einem Verlust von Zähnen kommt es zu einer Verringerung der Kaufunktion (Manly and Braley, 1950) und im weiteren Verlauf zu einer veränderten Nahrungsaufnahme. Es konnte gezeigt werden, dass bei zahnlosen Teilnehmern einer Studie die Aufnahme von Gemüse, Ballaststoffen und Karotinen kleiner, die Aufnahme von Cholesterin, gesättigten Fettsäuren und Kalorien höher war als bei Teilnehmenden mit mehr als 25 Zähnen (Johansson et al., 1994). Daraus lässt sich ableiten, dass Zahnlosigkeit ein Risiko für Krebs und Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöht (Johansson et al., 1994, Joshipura et al., 1996). Durch Zahnverlust wurde eine geringere Aufnahme von Fleisch, frischem Obst und Gemüse festgestellt, die in einem niedrigen Hb- und Vitamin-C-Wert im Blut resultierten. Dies scheint mit Gastritis in Verbindung zu stehen (Geissler and Bates, 1984). Zahnverlust bewirkt das Schlucken größerer Partikel (Feldman et al., 1980) und eine damit einhergehende Beeinträchtigung der Nahrungsresorption wie von Key and Sheine beschrieben worden ist. Je besser die mechanische Zerkleinerung ist und je kleiner dadurch die Teilchen werden, desto größer wird das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Somit kann die Nahrung vollständiger verdaut werden und umso verdaulicher ist sie

an sich (Kay and Sheine, 1979). Brodeur et al. beobachteten bei Probanden mit schlechter Kauleistung eine verringerte Aufnahme von Obst und Gemüse bei beiden Geschlechtern und von Vitamin A bei Frauen. Diese nahmen darüber hinaus mehr Medikamente ein als Probanden mit höherer Kauleistung. Es wird auch darauf hingewiesen, dass ein verminderter Verzehr von ballaststoffreichen Lebensmitteln bei mangelhafter Kauleistung die Entwicklung von Magen-Darm-Störungen begünstigen kann (Brodeur et al., 1993). Durch schlechte Kauleistung kann zudem ein Zinkmangel bei älteren Menschen entstehen und sekundär so die Immunfunktion beeinträchtigen sowie das Auftreten weiterer Krankheiten begünstigen (Mocchegiani et al., 2013). Geringere Vitamin-C-Werte bei schlechtem Zahnstatus (Ervin and Dye, 2009) wirken sich ungünstig auf den parodontalen Gesundheitszustand aus (Staudte et al., 2010, Staudte et al., 2005).

Es ist allerdings zu beachten, dass die Ernährung nicht nur von dem Kauvermögen bzw. der Kaeffizienz abhängt, sondern auch von Einflussfaktoren wie Gewohnheiten, Geschmack, Kultur und sozioökonomischen Faktoren. Daher bringt eine prothetische Maßnahme allein keine langfristige Verbesserung des Ernährungszustandes (Wöstmann et al., 2008). Prothesen können deshalb die Auswirkungen des Zahnverlustes auf die Ernährung nur teilweise kompensieren (Ritchie et al., 2002).

Neuronale Schaltkreise verbinden den Hippocampus und die Kauorgane miteinander, wodurch vermutet wird, dass das Kauen der abnehmenden, vom Hippocampus abhängigen kognitiven Leistung, die sich im Alter verschlechtert, entgegenwirken kann (Chen et al., 2015). Auch Kim und Han beschreiben eine Verschlechterung der kognitiven Funktion bei eingeschränkter Kaufunktion und heben hier die Rolle der Zahnmedizin hervor. Patienten mit ebendieser sollte hier die Aufmerksamkeit geschenkt werden, um kognitive Beeinträchtigungen zu verzögern oder sogar zu verhindern (Kim and Han, 2022). Den positiven Zusammenhang zwischen der Kau- und der kognitiven Funktion beschreiben Elsig et al. auch hinsichtlich der Entwicklung einer Demenz im Alter (Elsig et al., 2015). Die verminderte Kaufunktion wird als Hauptrisikofaktor für die

Entstehung einer Demenz oder einer milden Gedächtnisschwäche beschrieben (Tada and Miura, 2017).

Eine Reduktion der Kaufunktion erfolgt schleichend, sodass sie subjektiv nicht bemerkt wird. Neben veränderter Wahl der Nahrungsmittel, wird der Verlust der physiologischen Mastikation durch Dämpfen, Pürieren oder Kochen der Nahrung kompensiert (Millwood and Heath, 2000). Das Essen weicher, leicht zu kauender Kost kann wiederum zu einer geringen Nährstoffaufnahme und schlechteren Essgewohnheiten führen (Chauncey et al., 1984). Lebensmittel, die ein intensives Kauen voraussetzen, werden vermieden (Schindler and Hugger, 2006) oder gelangen schlechter zerkaut in den Verdauungstrakt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Kaufunktion ein Zusammenspiel mehrerer komplexer physiologischer Vorgänge darstellt und einen beachtlichen Einfluss auf den allgemeinen Gesundheitszustand des Menschen nimmt. Um die Kaufunktion eingehend wissenschaftlich zu untersuchen, müssen zunächst die Begrifflichkeiten definiert werden.

1.3 Grundbegriffe des Kauens

Die Funktionalität des Kauens im Ganzen wird wissenschaftlich durch folgende klar definierte Eigenschaften genauer spezifiziert und gemessen.

1.3.1 Kauvermögen, Kaufähigkeit, Kaueffizienz und Kauleistung

Das Kauvermögen, auch „chewing ability“, beschreibt die subjektive Wahrnehmung der Kaufunktion (Agerberg and Carlsson, 1981, Schindler and Hugger, 2006, Unell et al., 2015). Es kann durch Interviews oder Fragebögen eruiert werden. Uneinigkeit besteht allerdings bei dem Begriff der „Kaufähigkeit“. Dieser wird ebenfalls für die Übersetzung der „chewing ability“ verwendet (Javadian, 2023) und damit als subjektive Einschätzung der Probanden definiert (Nguyen, 2002). Ebenso wird er als allgemeine Fähigkeit Nahrung zu zerkleinern verstanden (Kämmerer, 2022).

Die Kaueffizienz („chewing efficiency“, masticatory efficiency“) und die Kauleistung („masticatory performance“) werden in der Literatur oft synonym

verwendet (Kapur and Soman, 2006). Da es einen fehlenden Konsens über die Semantik der Begrifflichkeiten gibt (Boretti et al., 1995, Gonçalves et al., 2021), kann es hier zu Missverständnissen kommen.

The Academy of Prosthodontics bezeichnet die Kaueffizienz als „Arbeit oder Aufwand, der benötigt wird, um einen bestimmten Zerkleinerungsgrad zu erreichen“ (The Academy of Prosthodontics, 2017). Fontijn-Tekamp et al. und Bates et al. definieren die Kaueffizienz, als „die Anzahl der Kauzyklen, die notwendig ist, um eine bestimmte Partikelgröße zu erreichen“ (Fontijn-Tekamp et al., 2000, Bates et al., 1976). Helkimo et al. verstehen sie als „die Fähigkeit, Testnahrung in einer vordefinierten Zeit zu zerkleinern“ (Helkimo et al., 1978), Carlsson beschreibt die Kaueffizienz als „die Fähigkeit ein bestimmtes Testmaterial zu zerkleinern und zu zermahlen“ (Carlsson, 1974).

Die Kauleistung wird als Maß für die Zerkleinerung von Lebensmitteln unter standardisierten Testbedingungen beschrieben (The Academy of Prosthodontics, 2017). Diese Definition wird jedoch als ambivalent kritisiert, da sie die Definition der Kaueffizienz beinhaltet (Gonçalves et al., 2021). In der Literatur wird die Kauleistung unter anderem definiert als „das Erreichen einer bestimmte Partikelgröße bei vorgegebener Anzahl an Kauzyklen“ (Bates et al., 1976, Fontijn-Tekamp et al., 2000, Schindler and Hugger, 2006).

In der vorliegenden Arbeit wird im Folgenden der Begriff „Kauleistung“ verwendet, auf den im weiteren Verlauf der Diskussion vertiefend eingegangen wird.

Das Bestimmen der Kauleistung ist derzeit kein etablierter Bestandteil klinischer Untersuchungen in Zahnarztpraxen und findet somit keine explizite Berücksichtigung in der Therapie (Slavicek et al., 2009a). Auch fehlen derzeit noch systematische Kategorisierungen und Definitionen für die Feststellung der Kauleistung (Slavicek, 2010).

1.3.2 Kaukraft und Beißkraft

Die beim Kauen zwischen den Zähnen wirkende Kraft wird als Kaukraft definiert (Schindler and Hugger, 2006). Die beim bewussten Zubeißen übertragenen Kraft ist als Beißkraft festgelegt (Schindler and Hugger, 2006).

Während die Kaukraft im Alter abnimmt, korreliert die Kauleistung nicht mit dem Alter und bleibt weitgehend erhalten (Sano and Shiga, 2021). Andere Studien deuten darauf hin, dass die Kaukraft vom Alter nicht beeinflusst wird, wenn bei einer hohen Anzahl an Zähnen eine gute okklusale Abstützung gegeben ist (Chong et al., 2016).

Die vertikalen Kaukräfte während des Zerquetschens und letztlich eines Zermahlens der Nahrung variieren je nach Lebensmittelbeschaffenheit zwischen 20 N und 150 N. Beim Kauen von Fruchtgummi liegt die Kraft in den ersten Kauzyklen, die im Verlauf abfällt, bei rund 120 N (Schindler and Hugger, 2006).

Auch auf die Beißkraft wirken eine große Anzahl an Faktoren ein. Sie ist abhängig von Schmerzen, Kiefergelenkserkrankungen, Geschlecht (bei Männern höher), Parodontalstatus, Alter, kraniofaziale Morphologie und okklusalen Faktoren (Koc et al., 2010).

Die Muskeln, die die Kräfte während des Kauens induzieren, werden von den Mechanorezeptoren des parodontalen Ligamentes (im Rahmen einer reflektorischen Rückkopplung) kontrolliert (Türker, 2002). Bei reduzierter parodontaler Unterstützung ist der Schwellenwert für die Funktion der Mechanorezeptoren herabgesetzt (Takeuchi and Yamamoto, 2008). Die Beißkraft ist demzufolge verringert (Takeuchi and Yamamoto, 2008, Palinkas et al., 2019).

Miyaura et al. verglichen die Beißkraft von Probanden mit einem natürlichen Gebiss im Vergleich zu Teil- und Vollprothesenträgern. Während Probanden mit herausnehmbaren Teilprothesen 35 % der Beißkraft von natürlich Bezahnten erreichen, weisen Totalprothesenträger nur 11 % dessen auf (Miyaura et al., 2000). Bei Implantat unterstützten Deckprothesen ist die Beißkraft höher als bei

Vollprothesen, die nicht Implantat gestützt sind. Darüber hinaus schreiben Fontijn-Tekamp et al. einen großen Einfluss der Beißkraft der Kaueffizienz zu, da in ihrer Studie die Beißkraft den wesentlichen Faktor für Abweichungen der Kaueffizienz darstellte (Fontijn-Tekamp et al., 2000).

Da in der vorliegenden Arbeit die Kauleistung der Patienten näher untersucht wird, widmet sich der folgende Abschnitt, aufbauend auf den zuvor dargestellten Grundlagen, den Faktoren, die die Kaufunktion beeinflussen.

1.4 Einflüsse auf die Kauleistung

Die wissenschaftliche Untersuchung der Kaueffizienz und aller Parameter, die diese beeinflussen, war und ist ein zentraler Bestandteil der Zahnheilkunde. Verschiedenen intrinsischen und extrinsischen Faktoren wurde dabei ein signifikanter Einfluss nachgewiesen. Dazu gehören Merkmale wie kraniofaziale Anomalien (Schmidt et al., 2023) und das okklusale Relief (Slavicek, 2020). Weiterhin werden auch Aspekte wie Alter, Geschlecht (Akeel et al., 1992), Angle Klasse, prothetischer Behandlungsbedarf (Slavicek, 2020) und die Verteilung der Zähne (Schimmel et al., 2017) diskutiert. Ferner konnte neben dem Einfluss der Muskelkoordination, der Nahrungsbeschaffenheit und -struktur, (Schindler and Hugger, 2006) sowie der wirkenden Kräfte (Okiyama et al., 2003) auch belegt werden, dass die Art des Zahnersatzes (González-Gil et al., 2022a, Rissin et al., 1978), des Prothesenmaterials (Mocchegiani et al., 2013) bzw. des Prothesenbasismaterials (Macura-Karbownik et al., 2016) und die zum Halt notwendigen Konstruktionselemente (Elsyad and Khairallah, 2017) eine Rolle spielen.

In Bezug auf die Art des Zahnersatzes wurden bereits Unterschiede festgestellt: Rissin et al. beschreiben eine reduzierte Kauleistung von Totalprothesenträgern im Vergleich Patienten, die mit Overdentureprothesen versorgt waren (Rissin et al., 1978). Ebenso stellte Gunne eine abweichende Kaueffizienz zwischen vollständig zahnlosen Patienten fest, die in beiden Kiefern mit Totalprothesen versorgt waren und Patienten, die eine Kombination aus Totalprothese in einem Kiefer und Teilprothese im Gegenkiefer trugen (Gunne, 1985).

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass durch Zahnverlust, insbesondere der Seitenzähne, (Manly and Braley, 1950) und folglich durch eine Abnahme der okkludierenden Zahnpaare (Helkimo et al., 1978) die Kaueffizienz abnimmt.

Weiterhin ist auch eine Abnahme der Kauleistung bei Zahnlockerung zu verzeichnen (Bousiou et al., 2022, Palinkas et al., 2019). Eine erhöhte Mobilität der Zähne resultiert überwiegend durch parodontale Erkrankungen, da diese mit einem irreversiblen Verlust des Zahnhalteapparates einhergehen. Ihnen sollte in Bezug auf die Kaueffizienz ein besonderes Augenmerk geschenkt werden, da die Prävalenz der Parodontitis hoch ist. Gerade ältere Patienten weisen ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Parodontitis auf (López et al., 2017). In den letzten Jahren (2022 / 2023) lag die Prävalenz in der Gruppe der jüngeren Senioren in Deutschland bei 85,2 % (Eickholz et al., 2025). 2015 waren mehr als eine halbe Billion Menschen weltweit an einer parodontalen Erkrankung betroffen (Kassebaum et al., 2017).

Es ist bekannt, dass Wechselwirkungen zwischen dem allgemeinmedizinischen Zustand und oraler Gesundheit bestehen. Bezüglich der Kaueffizienz wurde beispielsweise ein Nachlassen bei Demenzzkranken beobachtet (Elsig et al., 2015). Als sekundäre Folge sind die Auswirkungen von Medikamenten zu nennen. Zahlreiche Pharmazeutika rufen eine Mundtrockenheit hervor (Wolff et al., 2017), wodurch die Sammlung der Partikel beim Kauen von trockener, brüchiger Nahrung beeinträchtigt ist (Liedberg and Owall, 1991). Hyposalivation kann die Kauleistung signifikant mindern (Ikebe et al., 2006).

Insgesamt wird deutlich, dass diverse Faktoren mit jeweils schwer bestimmbarer Gewichtung auf die Kauleistung einwirken. Zur Ermittlung der Kauleistung sind in der Literatur bereits verschiedene Testverfahren beschrieben worden.

1.5 Objektive Testverfahren zur Bewertung der Kauleistung

Es wurde festgestellt, dass subjektive Angaben der Patienten über das eigene Kauvermögen meist von objektiven Ergebnissen abweichen (Slagter et al.,

1992a). Um verlässlichere Ergebnisse über die Kauleistung von Patienten zu erhalten, wurden unterschiedliche Tests entwickelt, die auf dem Prinzip der Zerkleinerung oder dem Grad der Durchmischung basieren, unter Verwendung von natürlicher oder artifizieller Testnahrung.

Als natürliche Testnahrung wurden Lebensmittel wie Erdnüsse (Manly and Braley, 1950, Gonçalves et al., 2014) oder Mandeln (Mowlana et al., 1994, Liedberg and Owall, 1991) verbreitet eingesetzt, da sie ein günstiges Bruchverhalten aufweisen (Müller and Nitschke, 2005). Ebenso wurden Haselnüsse (Nadtochiy et al., 2020) und Karotten verwendet.

Karotten sind nicht anfällig für eine Pulverisierung (Yurkstas and Manly, 1950) und haben den Vorteil, nicht zu verklumpen, wodurch eine weitere Zerkleinerung verhindert wird (Lucas and Luke, 1983). Der Karottentest gilt als geeignete Screeningmethode zur Bestimmung der Kaueffizienz von Patienten, besonders in geriatrischen Einrichtungen. Eine standardisierte Karottenscheibe mit 1 cm Dicke und 2 cm Durchmesser wird 45 Sekunden lang so fein wie möglich zerkaut und anschließend aufgefangen. Der Zerkleinerungsgrad kann mithilfe einer sechsstufigen Ratingskala bewertet werden. Er ist für das pflegende Personal leicht und mit wenig Aufwand durchzuführen. Kostengünstig können so funktionell unzureichende Gebisszustände aufgedeckt werden, um Fehl- /, Unterernährung vorzubeugen, die durch eine mangelhafte Kaufunktion (mit-) verursacht werden können. Bei bereits bestehenden Ernährungsdefiziten kann ebendiese Ursache ausfindig gemacht werden (Nguyen, 2002).

Neben natürlicher wird häufig artifizielle Testnahrung verwendet (Liedberg and Owall, 1991, Gonçalves et al., 2014). Slagter et al. verglichen Optocal (Bayer AG, Leverkusen, Germany, Version 1987) und Optosil (Bayer AG, Leverkusen, Germany, Version 1980) mit natürlicher Nahrung in Form von Karotten und Erdnüssen. Die Autoren bewerteten die Verwendung dentaler Silikonprodukte als geeignete künstliche Testnahrung für Studien, da diese eine geringere Streuung bei der Auswertung im Kausimulator aufweisen (Slagter et al., 1992b).

Olthoff et al. verwendeten in ihren Studien ebenfalls Optosil aufgrund besserer Texturbeschaffenheit und guter reproduzierbarer Eigenschaften wie Form,

Härte, Kohäsionskraft und Konsistenz. Darüber hinaus kann es nicht durch Speichel aufgeweicht werden und erzielt beim Sieben genauere Ergebnisse (Olthoff et al., 1986).

Als Alternative zu der Siebmethode bestehen digitale Auswertungsverfahren durch optische Scanner, die vergleichbare Ergebnisse erzielen (Eberhard et al., 2015).

Okiyama et al. ermittelten die Kaueffizienz anhand der Oberfläche von Fruchtgummis, die durch das Kauen vergrößert wird. Auch hier wurde die Testnahrung zunächst unter einer bestimmten Anzahl an Kauzyklen gekaut. Die Partikel wurden dann in destilliertem Wasser eingeweicht und die Konzentration der von der Oberfläche gelösten Gelatine mittels Spektrophotometer gemessen. Anhand der Konzentration der gelösten Gelatine wurde die Oberfläche berechnet. Da die Oberflächengröße mit der Gelatinekonzentration korreliert, können so Rückschlüsse auf die Kaueffizienz gezogen werden. Für den Organismus ist eine Oberflächenvergrößerung bedeutsam, damit Verdauungsenzyme eine effiziente Nahrung- und damit auch Nährstoffaufnahme gewährleisten können (Kay and Sheine, 1979). Als Vorteil in der Analyse der Oberfläche nennen Okiyama et al. die Testung unterschiedlicher Härtegrade (Okiyama et al., 2003). In einer vergleichbaren Studie konnte ebenfalls eine Korrelation zwischen gelöstem β -Carotin von der Oberfläche eines Gummibonbons und der Kauleistung gezeigt werden (Nokubi et al., 2010, Nokubi et al., 2013).

Sogenannte „Mixing Ability Tests“ beruhen auf dem Prinzip der Durchmischung von andersfarbigen Substanzen und sind von den Verfahren, die auf dem Zerkleinerungsprinzip beruhenden, abzugrenzen.

Hierfür wird unter anderem Kaugummi verwendet (Liedberg and Owall, 1991, Prinz, 1999, Endo et al., 2014). Dieses eignet sich gut bei Patienten mit reduzierter Kaufunktion oder Schluckbeschwerden, da die Aspirationsgefahr verringert ist (Schimmel et al., 2011). ViewGum®, eine Software zur optoelektronische Auswertung gekauter Kaugummis, erweist sich dabei als verlässliches Instrument (Schimmel et al., 2015). Weiterhin existieren

Kaugummi, die durch das Kauen einen Farbumschlag erfahren. Durch die Vermischung zweier Schichten erfolgt eine Säure-Base Reaktion. Der Farbumschlag ist dabei abhängig von dem Grad der Durchmischung (Hayakawa et al., 1998, Hama et al., 2014).

Darüber hinaus finden zweifarbige Paraffinwürfel Verwendung. Rückschlüsse auf die Kaufunktion können ebenfalls anhand des Grades der Durchmischung gezogen werden und sind für den klinischen Gebrauch einfach und schnell einsetzbar. Ausgewertet wird dabei visuell oder mittels digitaler Bildanalyse (Sato et al., 2003a, Sato et al., 2003b).

Das Material Wachs formt im Gegensatz zu Optosil einen Bolus. Dieser Mixing ability test hat den Vorteil, dass sich kleine Partikel nicht in Kavitäten einlagern können. Er kommt daher bei Patienten zum Einsatz, die beispielsweise nach einer Tumoroperation Resektionshöhlen im Bereich des Mundraumes aufweisen (Speksnijder et al., 2009). Auch dieser Test kann computergestützt ausgewertet werden (van der Bilt et al., 2012).

Im Rahmen dieser Arbeit soll die Kaeffizienz im Zusammenhang mit kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz auf Doppelkronen untersucht werden. Daher wird im Folgenden diese Art der prothetischen Versorgung näher thematisiert.

1.6 Kombiniert festsitzend-herausnehmbarer Zahnersatz

Patienten, bei denen ein oder mehrere natürliche Zähne nicht mehr vorhanden sind und folglich keine vollständige Zahnreihe mehr besteht, werden als „teilbezahnt“ klassifiziert. Mit zunehmender Anzahl fehlender Zähne sind Kaufunktion, Sprache und Ästhetik zunehmend beeinträchtigt. Darüber hinaus zeigt sich auch ein Rückgang der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität (Veeraboina et al., 2022, Bortoluzzi et al., 2012). Der partielle Zahnersatz dient dem Ersatz der fehlenden Zähne in einer unterbrochenen oder verkürzten Zahnreihe mit dem Ziel, die orale Funktionalität, insbesondere Phonetik und Kaufunktion, sowie die Ästhetik wiederherzustellen. Die funktionelle

Rehabilitation der Kaufunktion erfolgt hierbei durch die Sicherung und Wiederherstellung der Okklusion. Durch das Eingliedern einer Teilprothese werden präventiv Dysfunktionen durch das Auftreten von Okklusionsstörungen durch Zahnkippen, Elongation, Wanderung verhindert und Kaukräfte gleichmäßiger verteilt (Strub et al., 2011).

Verbleiben in einem Patientengebiss drei oder weniger Zähne je Kiefer, definiert Niedermeier diesen Zustand als Vorliegen eines „stark reduzierten Restgebisses“ (Niedermeier, 1996).

In der Literatur werden zahlreiche Einteilung eines Restzahngebisses beschrieben. Eine häufig verwendete Klassifikation in Bezug auf die statischen Verhältnisse und der Abstützung nahm Steffel 1962 vor (Steffel, 1962).

- A: punktuelle Abstützung
- B: lineare-sagittale Abstützung
- C: lineare-transversale Abstützung
- D: lineare-diagonale Abstützung
- E: trianguläre Abstützung
- F: quadranguläre Abstützung

Bei Vorliegen der Klasse E oder F verbinden sich die verbleibenden Zähne durch Verbindungslinien zu einer Fläche, die als Unterstützungspolygon bezeichnet wird. Dieses Polygon stellt die statisch wirksame Fläche dar, welche Lastverteilung und Stabilität des Zahnersatzes maßgeblich beeinflusst. Eine optimale Gestaltung ermöglicht eine gleichmäßige Verteilung der auf den Zahnersatz wirkenden Kräfte und minimiert Rotationsbewegungen, wodurch die Prothesenstabilität verbessert wird. Je nach Anzahl und Verteilung verbleibender Zähne, führt eine kleiner werdende Fläche zu einer abnehmenden Abstützung und zunehmenden Bewegungen der Prothese. Reduziert sich die Zahnanzahl kommt es zu Belastungen außerhalb des Unterstützungspolygons. Hier ist die Prothese rein mukosal gelagert und es kommt durch die Resilienz der Schleimhaut zu Rotationen, die die Prothese auslenken. Durch ein Unterstützungsimplantat kann dies verhindert und die Stabilität vergrößert werden. Bei Vorliegen einer Steffel Klasse B werden die

Zähne einseitig zur Gegenseite hin ausgelenkt. Ist die Abstützung der Prothese linear-transversal oder linear-diagonal, können die verbleibenden Zähne je nach Belastung, zu beiden Seiten hin belastet werden. Die punktuelle Abstützung hat zur Folge, dass der Zahn sich in diverse Richtungen bewegt oder rotiert wird (Szentpétery and Setz, 2016).

Zum Ersatz fehlender Zähne und zur Wiederherstellung von Funktion und Ästhetik ist die Versorgung mit einer Teilprothese die Therapie der Wahl.

Kombiniert festsitzend-herausnehmbarer Zahnersatz zeichnet sich durch das Vorhandensein zweier Präzisionselemente aus: ein Primär- und ein Sekundärteil. Von diesen sogenannten Halte- und Stützelementen ist das Primärteil fest auf einem Zahn oder an einem Implantat befestigt, während sich das Sekundärteil an oder in dem herausnehmbaren Zahnersatz befindet. Durch das Aufsetzen und Ineinandergreifen der Präzisionsteile werden der Primär- und der Sekundäranker starr miteinander verbunden (sekundäre Verblockung).

Neben verschiedenen Arten von Geschieben, Matrizen-, Riegel-, Anker-, Magnet- und Druckknopfankersystemen werden auch Doppelkronen zur Verankerung verwendet. Weber unterscheidet vier verschiedene Typen: parallelwandige Teleskopkronen, Hybridkronen, Konuskronen und Resilienzkrone (Weber, 1994). Eine andere Einteilung der Doppelkronen nach Grundform, Kronenanteil und Haftmechanismus nahm Körber 1988 vor (Körber, 1988).

Die Primärkrone wird fest auf dem zuvor präparierten Zahn zementiert. Darüber lässt sich die Sekundärkrone, die fest mit der herausnehmbaren Konstruktion verbunden ist, teleskopartig aufschieben. Die Kaukraft wird durch die starre Abstützung über die Pfeilerzähne auf das Parodontium übertragen.

Ein in Deutschland etabliertes Konstruktionselement ist die Hybriddoppelkrone (Groten and Rübeling, 2009, Weber et al., 2021). Hybriddoppelkronen, die meist aus edelmetallfreien Legierungen hergestellt werden, weisen herstellungsbedingt eine Spielpassung auf. Dadurch ist der Einsatz zusätzlicher

Halteelemente, beispielsweise eines Friktionsstiftes notwendig, um genügend Retention zu erzeugen (Strub et al., 2011).

Auch Kohäsions- und Adhäsionskräfte tragen zu einem geringen Teil zur Retention der Prothese bei. Durch den Speichelfilm können sich zwischen dem Prothesensattel und der Mundschleimhaut Kapillarkräfte bilden (Lehmann et al., 2012). Dieser Effekt wird mit abnehmender Anzahl an Restzähnen zunehmend relevant, da der schleimhautgetragene Anteil der Prothese entsprechend zunimmt.

Indiziert ist ein kombiniert festsitzend-herausnehmbarer Zahnersatz bei Vorliegen einer ungünstigen Verteilung der Pfeilerzähne, einer reduzierten Restbezahnung, einem reduzierten parodontalen Zustand und / oder bei Bestehen von Knochen-Weichteil-Defekten im Bereich des Alveolarfortsatzes. Eine Eingliederung eines festen Zahnersatzes ist dann nicht mehr möglich (Weber, 1994).

1.6.1 Vorteile

Vorteile bietet der kombiniert festsitzend-herausnehmbare Zahnersatz (Kombi-ZE) aufgrund seiner leichten Erweiterbarkeit. Dadurch können auch fragliche bzw. nicht sicher erhaltungswürdige Pfeilerzähne probeweise mit einbezogen werden, die von strategischer Bedeutung für die Prothese sind (Weber, 1994). Auch im Falle eines parodontal vorgeschädigten Gebisses, soll dem Kombi-ZE gegenüber einem festsitzenden Zahnersatz der Vorzug gegeben werden (Weber, 1994). Ergänzend sollte die vorteilhafte Ästhetik gegenüber herausnehmbaren Klammerprothesen genannt werden. Szentpétery et al. beobachteten, dass auch im stark reduzierten Restgebiss bei intensiver Nachsorge mit keiner Überlastung der Pfeilerzähne zu rechnen ist (Szentpétery et al., 2011). Positiv hervorzuheben ist weiterhin auch die gute parodontalhygienische Gestaltungsmöglichkeit (Freesmeyer, 1987) des Doppelkronensystems durch eine gute Erreichbarkeit der Zahnzwischenräume (Weber, 1994). Von Vorteil ist ebenso die statisch günstige Belastung der Zähne (Freesmeyer, 1987) durch die zirkuläre Fassung der Pfeilerzähne. Ferner ist die Möglichkeit, Pfeilerdivergenzen ausgleichen zu können, als

vorteilhaft zu bewerten (Strub et al., 2011). Doppelkronen, die zwei Elemente starr miteinander zusammenführen, können durch ihre körperliche Fassung, Führungs-, Kippmeider-, Schubverteilungs-, Stütz- und Haltefunktion in einem einzigen Bauelement vereinigen (Freesmeyer, 1987).

1.6.2 Nachteile

Als nachteilig ist der Kombinationsprothetik auf Doppelkronen anzusehen, dass ein großer Substanzabtrag für Primärteil, Sekundärgerüst und ggf. einer Verblendung gefordert wird (Weber, 1994). Ebenso kann sich ein ästhetisches Problem durch die Sichtbarkeit eines kleinen Metallrandes ergeben, wenn sich das Zahnfleisch zurückzieht, ein sehr dünner Gingivatyp oder eine verkürzte Oberlippe vorliegt (Weber, 1994).

Nicht zu unterschätzen ist weiterhin, dass die Demaskierung bei Ausgliederung eine psychische Belastung für den Patienten darstellen kann (Kern, 1999).

Als Nachteil sind auch die hohen Herstellungskosten zu nennen (Pieger, 2010), welche die Eigenanteilskosten für den Patienten erhöhen. Ferner bietet der aufwendige zahntechnische Fertigungsprozess und der erhöhte zahnärztliche Aufwand Potenzial für Fehlerquellen, die zu Frakturen der Zähne und des Zahnersatzes sowie parodontalen Schäden führen können (Weber, 1994).

Zusammenfassend stellt die Versorgung mit einer Prothese auf Doppelkronen insgesamt eine sehr gute prothetische Behandlungsoption auch bei Patienten dar, die ein reduziertes Restgebiss aufweisen. Sie ist bei korrekter Ausführung in diesem Fall mit einer geringen Komplikationsrate und langer Lebensdauer verbunden (Schwindling et al., 2014, Hinz et al., 2023). Für einen langfristig gut funktionierenden Zahnersatz ist allerdings eine adäquate Compliance des Patienten ausschlaggebend, da ein erhöhter Nachsorgebedarf besteht (Weber, 1994).

1.6.3 Prothesenkinematik

Damit eine Prothese beim Kauen den wirkenden Druck-, Zug- und Schubkräfte standhalten kann, muss sie lagestabil konstruiert sein. Beim Kauen entstehen Druckkräfte von ca. 50 N (Weber and Setz, 2011), während klebrige Speisen

Zugkräfte von bis zu 30 N verursachen (Weber and Setz, 2011). Schubkräfte treten bei horizontal einwirkenden Kräften ein. Sie werden auf die Zähne und das Parodont weitergeleitet. Bei ausgeprägten Kieferkämmen, die von der Prothese gut umfasst werden müssen, hat auch die Prothesenbasis eine sichernde Eigenschaft. Je nach Lückensituation wird die einwirkende Kraft auf das Parodont, die Schleimhaut oder das Implantat übertragen (Weber and Setz, 2011).

Nach der Betrachtung funktioneller und mechanischer Aspekte stellt sich die Frage, wie sich die biomechanischen Eigenschaften von Zahnersatz auf die Lebensqualität von Patienten auswirken. Das Oral Health Impact Profile (OHIP) erweitert die Perspektive um patientenbezogene Aspekte. Dadurch wird eine umfassendere Bewertung prothetischer Versorgungen möglich, die sowohl funktionelle als auch eine subjektive Einschätzung der Lebensqualität berücksichtigt. Vor allem das eigenwahrgenommene Kauvermögen spielt im Hinblick auf die psychosoziale Beeinträchtigung des Patienten eine große Rolle (Roohafza et al., 2016).

1.7 Oral Health Impact Profile (OHIP)

Ein international anerkanntes, weit verbreitetes und gut untersuchtes Instrument zur Erfassung mundgesundheitsbezogener Lebensqualität (MLQ, Oral Health-related Quality of Life, OHRQoL) ist das Oral Health Impact Profile (OHIP) (John and Micheelis, 2000, Locker, 1995). Es wurde in verschiedenen Sprachen kulturäquivalent übertragen und validiert (MacEntee and Brondani, 2016).

Das originale englischsprachige Oral Health Impact Profile (OHIP-E) wurde 1994 in Australien anhand von Patienteninterviews entwickelt (Slade and Spencer, 1994). Mittels der Antworten wurden 49 Fragen formuliert, die in sieben Untergruppen eingeteilt wurden. Dabei werden „funktionelle Einschränkung“, „Schmerzen“, „psychisches Unwohlsein/Unbehagen“, „physische Beeinträchtigung“, „psychische Beeinträchtigung“, „soziale Beeinträchtigung“ und „Benachteiligung/Behinderung“ bewertet.

Das OHIP gibt einen Überblick über die psychosoziale Beeinträchtigung des Patienten bzw. die wichtigsten Problembereiche der subjektiv wahrgenommenen Mundgesundheit.

2002 wurde das OHIP in eine deutschsprachige Version Oral Health Impact Profile German Version (OHIP-G) übersetzt (John et al., 2002). Zudem liegen Kurzversionen mit fünf (OHIP-G5), vierzehn (OHIP-G14) und einundzwanzig (OHIP-G21) Fragen vor, die als geeignete Alternative zur Langversion des Fragebogens (Slade, 1997) für den Praxisalltag dienen. Die deutschsprachige Kurzversion OHIP-G14 leitet sich dabei von dem englischsprachigen OHIP-G14 ab (John et al., 2006).

Die Antwortmöglichkeiten zur Häufigkeit der aufgetretenen Probleme können Patienten auf einer mehrstufigen Skala („nie“ = 0, „kaum“ = 1, „ab und zu“ = 2, „oft“ = 3, „sehr oft“ = 4) angeben. Die Summe der Einzelwerte variiert bei dem OHIP-G 14 von 0 bis 56, wobei höhere Werte eine schlechtere MLQ charakterisieren. Eine Gewichtung der Fragen wird nicht empfohlen (John et al., 2004).

Während sich die Fragen der englischsprachigen Originalversion auf einen Zeitraum von drei Monaten beziehen, verwendet die deutsche Version einen Referenzzeitraum von einem Monat.

Informationen über die MLQ können bei der zahnärztlichen Entscheidungsfindung hinsichtlich des indizierten Zahnersatzes helfen und ermöglichen darüber hinaus eine optimierte, stärkere patientenzentrierte Therapie sowie eine Beurteilung des Therapieerfolges (Schierz et al., 2015). Das OHIP findet in zahlreichen Studien Anwendung, wodurch eine gute Vergleichbarkeit möglich wird (John and Mischeelis, 2003).

Zur besseren Einordnung der Ergebnisse existieren Normwerte für das OHIP-G14. Patienten ohne herausnehmbare Prothesen weisen generell eine weniger eingeschränkte mundgesundheitsbezogene Lebensqualität auf (John et al., 2004).

Um das bisher noch unzureichend beleuchtete Thema der Kaufunktion im Zusammenhang mit der prothetischen Versorgung auf Doppelkronen näher zu untersuchen, wurde die im Folgenden beschriebene Studie eingerichtet.

1.8 Die Mutterstudie und Ziele

Die Datenerhebung für diese Arbeit erfolgte im Rahmen der „multizentrische[n] Studie zur Kaueffizienz bei Patienten in Abhängigkeit von Zahnstatus bzw. Art und Qualität von Zahnersatz beim Kauen von standardisierten Kaufunktionstestproben verschiedener Härte – kurz Kaufunktionsstudie.“

1.8.1 Zielsetzung der multizentrischen Studie

Die allgemeine Kaufähigkeit soll dabei mit dem „*Kaufunktionstest nach Prof. Slavicek*“ an einer großen Zahl von Patienten in Deutschland resp. Europa überprüft werden. Dieser Test wurde bereits wissenschaftlich untersucht und wird als geeignetes Instrument zur Beurteilung der Kaufunktion bewertet (Slavicek et al., 2009b, Slavicek et al., 2009a).

Die Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Tübingen, vertreten durch die Polikliniken für Zahnärztliche Prothetik und Kieferorthopädie, haben sich 2017 dazu entschieden, als weiteres Prüfzentrum an der multizentrischen Studie teilzunehmen. Je Prüfzentrum ist eine Probandenzahl von 100-150 angestrebt. In Tübingen wurden dabei folgende Themen in den Fokus genommen:

- „Epidemiologische Erhebung zur Kauffunktion in der Altersgruppe 18-90 Jahre“.
- „Einordnung der Kauffunktion bei [...]“ Patienten „mit Kombinationszahnersatz und Implantat-getragenen Zahnersatz [...]“ sowie bei Patienten mit „vollkeramischer Gesamtrehabilitation“ und „naturgesunden Gebissen“.

Es liegt ein von der Ethikkommission der Universität Köln befürwortetes Studienprotokoll vor, das von der Ethikkommission Tübingen mit dem Votum

unter Projektnummer 418/2017BO2, vom 09.08.2017, die Durchführung der Untersuchungen in den o.g. Polikliniken gestattet. Der Hauptprüfer und Ansprechpartner in Tübingen ist Prof. Dr. Fabian Hüttig.

Übergeordnetes Ziel der Mutterstudie ist es, einen Referenzdatensatz zur Kaufunktion zu erstellen, der eine einordnende Aussage einer Individualuntersuchung zulässt. Zu diesem Zweck wird das zugeordnete Ziel verfolgt, nicht nur gesunde Menschen im Kinder-, Jugend-, Erwachsenen- und Seniorenalter zu untersuchen, sondern auch Patienten mit oral- und allgemeinmedizinischen Leiden, um Einflussfaktoren auf die Kaufunktion mittels großer Datensätze identifizieren und validieren zu können.

„Die Universität Tübingen bzw. die Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde beteiligt sich an dieser multizentrischen Studie in Form von umrissenen Einzelstudien mit definierten Kohorten. Die vorliegende Teil-Studie des Lehrstuhls für Zahnärztliche Prothetik und Zahnärztlich Implantologische Versorgung verfolgt das Ziel, die Kaufunktion von Patienten mit Kombinationszahnersatz einzuordnen.

Die Gesamtstudie zeichnet sich gemäß Prüfplan durch folgende Eigenschaften aus:

„Als Nutzen ist anzusehen, dass die Patienten ein Bild ihrer individuellen Fähigkeit, Modellnahrung auf beiden Seiten des Kiefers zu zerkleinern, erhalten. Dies ist ein Surrogat für die mögliche Kaueffizienz.“

„Eine absolute Einordnung der Leistungsfähigkeit eines Patienten ist erst nach Abschluss der [Gesamt-]Studie möglich.“

„Umgang mit erhobenen Daten:

Der Hauptprüfer (Tübingen) hält die Pseudonymisierungsliste zur Anonymisierung der Teilnehmer zusammen mit deren unterzeichneten Aufklärungs- und Einverständniserklärungen verschlossen in der Studienzentrale „Medizinprodukte“. Die Pseudonymisierung dient insbesondere

der Datenübermittlung und -verarbeitung von Fotoaufnahmen zur Computer-vision-basierten Auswertung der ausgestrichenen Kauproben.

Die Auswertungsdatensätze (Rohdaten) mit Pseudonym des Prüfzentrums Tübingen werden der Studienleitung (Universität Köln) sowie dem Hauptprüfer in einer XLS-Datei zum Download angeboten.

Finanzierung / Unabhängigkeit:

Die durchführende Poliklinik erhält keine finanziellen Zuwendungen für die Durchführung der Studie. Das Wissensforum Alterszahnmedizin GmbH finanziert die Bereitstellung der Modellnahrung und Infrastruktur zur Datenverarbeitung. Die Poliklinik erhält für eigene wissenschaftliche Auswertungen / Fragestellungen (etwa Kaueffizienz in Abhängigkeit der Versorgungsform) die Rohdaten der erhobenen Patienten. Darüber hinaus beteiligen sich die „[...] Prüfer an der Auswertung des gesamten Datensatzes im Rahmen der Verbundforschung ‘Wissenschaftsforum Zahnmedizin‘.“

1.8.2 Ziel der vorliegenden Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung soll Daten und Aussagen über die Kaufunktion von Patienten liefern, die mit kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz auf Basis von Doppelkronen in mindestens einem Kiefer versorgt sind.

Dazu werden folgende Forschungsfragen unter anhängigen Hypothesen verfolgt:

1.9 Forschungsfragen und Hypothesen

1. Wird die Kauleistung von der prothetischen Versorgung im Gegenkiefer, bei Patienten, die mit kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz in einem Kiefer versorgt sind, beeinflusst?
2. Wird die Kauleistung durch Vorliegen eines reduzierten Restgebisses bei Patienten, die mit kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz in mindestens einem Kiefer versorgt sind, beeinflusst?
3. Wie beeinflusst die Konsistenz der Testnahrung die Kauleistung?

4. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der objektiv gemessenen Kauleistung und der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität?
5. Weist die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität, die sich im Speziellen auf die Kaufunktion bezieht, einen Zusammenhang mit der ermittelten Kauleistung auf?

Aus den Forschungsfragen lassen sich folgende Hypothesen aufstellen:

- H₀₁: Die prothetische Versorgung im Gegenkiefer hat bei Patienten, die mit kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz in einem Kiefer versorgt sind, in Bezug auf die Kauleistung keinen Einfluss.
- H₀₂: Das Vorliegen eines reduzierten Restgebisses, welches mit Kombinationszahnersatz versorgt ist, beeinflusst die Kauleistung nicht signifikant.
- H₀₃: Der Parameter „Härtegrad“ der Testnahrung zeigt keine Unterschiede im Hinblick auf die Kauleistung.
- H₀₄: Die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität mittels OHIP-14, weist keinen Zusammenhang mit der ermittelten Kauleistung auf.
- H₀₅: Die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität mittels OHIP-14, die sich im Speziellen auf Kaufunktion bezieht, weist keinen Zusammenhang mit der ermittelten Kauleistung auf.

2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Tübingen durchgeführt. Eine Zusammenarbeit erfolgte mit der Firma OREHAB MINDS GmbH, Zettachring 2, Stuttgart, Deutschland (kurz: Orehab Minds), sowie der Firma bredent GmbH & Co. KG, Weißenhorner Str. 2, Senden, Deutschland.

Die Untersuchungen erfolgten im Zeitraum vom 23.11.2017 bis zum 15.03.2022. Sie sind Teil der in Kapitel 1.8 beschriebenen multizentrischen Studie, die auch an anderen nationalen und internationalen Prüfzentren durchgeführt wird.

Zur Anamnese- und Befunderhebung wurden die Fragebögen der multizentrischen Studien-Dokumentation verwendet. Für die Prüfung der Kauleistung wurde der standardisierte Kaufunktionstest (SKT) nach Prof. Gregor Slavicek verwendet.

2.1 Studienteilnahme und Auswahl des Patientenkollektivs

Die Teilnahme an der Studie bedurfte eines einmaligen Termins mit einer Dauer von circa einer Stunde. Zur vorliegenden Untersuchung wurden Patienten eingeladen, die im Rahmen eines studentischen Nachsorgeprogramms einbestellt waren oder zu routinemäßigen Kontrolluntersuchungen die Zahnklinik Tübingen aufgesucht haben. Die untersuchte Kohorte adressierte ausschließlich Patienten, die im „Behandlungskurs der Zahnersatzkunde 1 [oder] 2“ mit einem kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz versorgt wurden. Zur Einladung für eine Teilnahme erhielt der jeweilige Patient eine schriftliche und mündliche Aufklärung über die Studie durch den Prüfarzt.

2.1.1 Einschlusskriterien

Die Aufnahme in die Studie bedingt:

- „[...] volljährige und geschäftsfähige Patienten [...]“
- „[...] die zur zahnärztlichen Routineuntersuchung vorstellig werden [...]“
- das Tragen eines kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatzes
- keine vorangegangene Teilnahme an der Kaufunktionsstudie
- eine freiwillige Entscheidung zur Teilnahme und die damit verbundene unterschriebene, zustimmende Teilnahmeerklärung

2.1.2 Ausschlusskriterien

Nicht zur Teilnahme zugelassen und von einer Aufnahme ausgeschlossen werden Patienten, die mindestens eine der folgenden Eigenschaften aufweisen:

- Kinder, Nichteinwilligungsfähige
- „Schluckstörungen“

- „Neuromuskuläre Erkrankungen, die eine unassistierte Nahrungsaufnahme nicht möglich machen“
- „Unverträglichkeit / Allergie gegen Gelatine / andere Bestandteile von Gummibärchen, [insb. auch hinsichtlich] religiöse[r] Gründe“
- „eingeschränkte Geschäftsfähigkeit / Notwendigkeit einer Betreuung“

2.2 Materialien und Geräte

Die Befunderhebung und die Durchführung des Kaufunktionstestes erfolgten auf einem zahnärztlichen Behandlungsstuhl. Sie wurden anhand eines standardisierten Erhebungsprotokolls durch die Studierenden unter Aufsicht / Anleitung durch die Autorin oder selbige selbst vorgenommen. Für die Befunderhebung und Testdurchführung wurden neben zwei zahnärztlichen Spiegeln (Aesculap Typ DA083), eine Parodontalsonde (Hu-Friedy Typ PCP11) und eine Nabers Sonde (Hu-Friedy Typ PQ2N) zur Erhebung der parodontalen Befunde bereitgelegt. Zum Auffangen der Kauproben waren zwei handelsübliche Haushaltssiebe, sowie zwei College-Pinzetten (Aesculap Typ DA241R) zum Ausstreichen der Kauproben in den schwarz umrissenen Aufnahmerahmen der standardisierten Trägerplatten (s. Abb. 6) notwendig.

2.2.1 OHIP-G14-Fragebogen

Für das Oral Health Impact Profile wurde ein OHIP-G14 Fragebogen in der deutschsprachigen Version (John et al., 2006) verwendet und im Gespräch mit dem Behandler durch den Probanden beantwortet.

2.2.2 Testnahrung

Die „Standardized Chewing Test Units (SCT)“ wurden von der Firma *A. Egger's Sohn, Süßwaren und Nahrungsmittel GmbH, Mollergasse 4, A 1230 Wien, Austria* in Zusammenarbeit mit der Firma *bredent* hergestellt. Die Units haben eine zylindrische Standardform mit einem Durchmesser von 2 cm und einer Höhe von 1 cm. Sie liegen jeweils in drei unterschiedlichen Härtegraden vor: grün = weich, gelb = mittel und rot = hart. Dabei wird die Härte durch Zugabe unterschiedlicher Menge von Gelatine zur Grundmasse moduliert (weich: 15,5 g pro Masse; medium: 23 g pro Masse; hart: 31 g pro Masse) (Slavicek et al.,

2009b). Außerdem werden den Units natürliche Farben zugeführt: weich: grün – Chlorophyllin, mittel: gelb – Kurkuma, hart: rot – Holunder und zusätzlich mit einem Erdbeearoma in gleicher Intensität versehen (Slavicek et al., 2009a). Die Standardized Chewing Test Units waren mit den Chargennummern L6113 (MDH 31.05.2018), OH-N-006878 (gelb, MDH 12/21), OH-N-006879 (rot, MDH 12/21) und OH-N-006880 (grün, MDH 12/21) bezeichnet.

Diese fruchtgummi-basierte Testnahrung wird in der vorliegenden Arbeit als Fruchtgummi-Testprobe (Fruchtgummi-Probe) beschrieben, während das durch den Kauprozess entstandene zerkleinerte Material als Kauprobe definiert wird.



Abbildung 1: Standardisierte Fruchtgummi-Proben. Der Kaufunktionstest, besteht aus 9 Kauaufgaben mit 9 Fruchtgummi-Proben, beginnend von unten grün (weiche Konsistenz), gelb (mittlere Konsistenz) und rot (harte Konsistenz).

2.2.3 Fotoboxen

Für das Abfotografieren der Kauproben zur automatisierten Bilderkennung für die Rohdatenerstellung wurden zwei verschiedene Geräte verwendet.

Zu Beginn der Studie wurden die Fotografien mittels Digitalkamera in einer Metallbox angefertigt. Die Firma Orehab Minds stellte eine Fotobox mit der Referenznummer 99300430 und der Lotnummer 024 zur Verfügung. Hersteller war die Firma *bredent*. Die Kauproben wurden hierbei auf genormten Vordrucken aus Papier, ebenfalls von der Firma *bredent*, ausgeteilt.

Zusätzlich wurde eine Nikon Coolpix L31 Digitalkamera verwendet, welche mit der Fotobox fest verschraubt war.



Abbildung 2: Fotobox mit befestigter Digitalkamera. Die Kauproben werden auf einer Trägerplatte ausgeteilt, welche anschließend in die Fotobox eingelegt wird, um das Foto aufzunehmen.



Abbildung 3: Fotobox und Übersicht der dazugehörigen Materialien (Speicherkarte, Trägerplatten aus Papier, Fruchtgummi-Proben verschiedener Härte, Auffangsiebe).

Die fortschreitende digitale Transformation während des Studienprozesses führte zu einer Einführung einer digitalen Fotobox. Diese wurde von der Firma Orehab Minds mit der Seriennummer SKFT_POO3 bereitgestellt (s. Abb. 4).

Zum Ausstreichen der Kauproben wurden standardisierte Acryl-Platten (REF Nr.: 170000 -12 bis -19) bereitgestellt, die in Größe und Design den oben genannten Papierträgern glichen.



Abbildung 4: Digitale Fotobox und Übersicht der dazugehörigen Materialien (USB-Transfermedium, Trägerplatten aus Acryl, Fruchtgummi-Proben verschiedener Härte, Auffangsiebe).

2.3 Studienablauf

Nach Einwilligung zur Studienteilnahme erhielt der Proband eine Studien-ID zur Pseudonymisierung der Datensätze, welche auf den Fragebögen und den Papier-Trägerplatten vermerkt war. Die Fotos der Fotobox wurden durch Eingabe dieser Studien-ID automatisch zugewiesen. Zunächst wurden die Anamnese und die klinische Befunderhebung durchgeführt. Danach erfolgte die Durchführung des Kaufunktionstests mit anschließender Beschriftung und fotografischen Dokumentation der gewonnenen Kauproben.

2.3.1 Anamnese und Befunderhebung

Der standardisierte Fragebogen der Firma Orehab Minds enthält neben einem Anamnese- und einem Befunderhebungsteil den OHIP-G14-Fragebogen.

Zuerst wurden neben den demographischen Daten des Patienten wie Geschlecht und Alter auch relevante anamnestische und klinische Befunde erhoben. Dazu zählten Informationen über die Medikamenteneinnahme, Traumata oder kieferchirurgische Eingriffe und das Vorliegen einer Pflegeeinstufung. Mittels eines Minimal Nutritional Assessment (MNA) wurden Fragen zum Ernährungsverhalten gestellt.

Anschließend erfolgte die Erhebung des Zahnstatus unter Berücksichtigung der prothetischen Versorgung im Ober- und Unterkiefer. Der Ausgangsbefund für den Ober- und Unterkiefer wurde gemäß dem FDI-Zahnschemata erfasst. Dabei wurden sowohl fehlende Zähne als auch die prothetische Versorgung berücksichtigt. Es erfolgt eine Differenzierung zwischen Prothesenzähnen, pontisch gestalteten Brückengliedern und implantatgetragenen Zahnersatz. Zudem wurden vorhandene Zähne ohne prothetische Versorgung notiert. Es bestand weiterhin die Möglichkeit, den bestehenden Zahnersatz näher zu beschreiben und den Bedarf an prothetischer Sanierung zu beurteilen.

Weiterhin wurden der parodontale Status sowie die Bisslage bestimmt und das Vorliegen eines Kreuzbisses überprüft, bevor die okklusalen Strukturen in den einzelnen Quadranten beschrieben werden konnten.

In dem Erhebungsbogen folgten im Anschluss Fragen zur mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität ebenso wie die Messung der durchschnittlichen Sondierungstiefen, der Rezessionen, der Blutung bei Sondierung, des Furkationsbefalles und die Bewertung der durchschnittlichen Lockerung für jeden Quadranten.

Ergänzend zu dem seriengemäß hergestellten Fragebogen wurden das Einsetzdatum des Zahnersatzes und das Unterstützungsfeld der Doppelkronenprothese dokumentiert, um diese Parameter in Bezug auf die Kauleistung zu untersuchen.

2.3.2 Kaufunktionstest nach Prof. Slavicek

Jeder Patient erhielt neun verschiedene standardisierte, elastische Fruchtgummi-Proben. Jede Fruchtgummi-Probe wurde nacheinander jeweils 30

Sekunden zerkaut. Pro Härtegruppe wurde zunächst isoliert auf der rechten Seite gekaut, dann isoliert auf der linken und zuletzt beidseitig abwechselnd, ohne dabei abgespaltene Partikel hinunterzuschlucken. Die Probanden wurden angewiesen, bei jeder Fruchtgummi-Probe die maximale Kauleistung zu erbringen und diese in so viele Teile wie möglich zu zerkleinern.

Tabelle 1: Schema zum Ablauf der Kauzyklen. Die schematische Darstellung zeigt den Ablauf der neun nacheinander durchgeführten Kauzyklen. Jeweils rechts, links und beidseitig wurden weiche mittlere und harte Fruchtgummi-Proben zerteilt, woraus sich die entsprechenden Abkürzungscodierungen (RG, LG, BG, RY, LY, BY, RR, LR, BR) ergaben.

Farbe der Fruchtgummi-Probe in Bezug auf den Härtegrad			
	Grün (G: green)	Gelb (Y: yellow)	Rot (R: red)
Kauseite	Rechts (R)	RG 30s	RY 30s
	Links (L)	LG 30s	LY 30s
	Beidseitig (B)	BG 30s	BY 30s
			RR 30s
			LR 30s
			BR 30s

Jede Kauprobe wurde nach 30 Sekunden in ein Sieb (s. Abb. 5) ausgespuckt und unter kaltem Wasser abgespült. Anschließend wurden sie auf speziellen Analysebögen ausgestrichen. Große Stücke wurden dabei im Zentrum der Platte (s. Abb. 6), kleinere nach außen hin angeordnet. Nach Vorgaben durften die Stücke weder den schwarzen Rahmen der Trägerplatte berühren (Mindestabstand 5 mm) noch außerhalb des Rahmens liegen. Sie sollten sich des Weiteren gegenseitig nicht berühren (Mindestabstand 2 mm), zusammenhängende Stücke sollten nicht zertrennt werden.

Dann folgte das Abfotografieren.



Abbildung 5: Kauprobe im Sieb. Jede zerteile Fruchtgummi-Probe wird nach dem Kauen in einem Sieb aufgefangen.

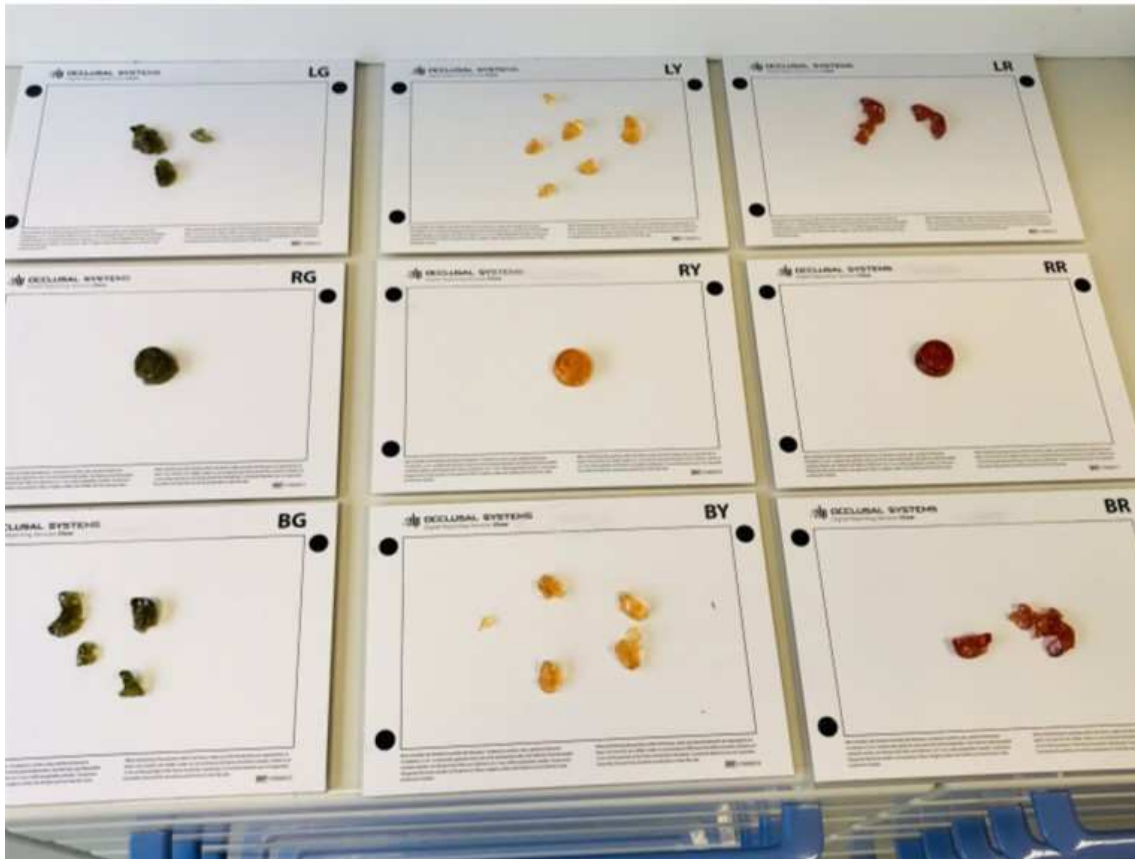


Abbildung 6: Übersicht der neun ausgeteilten Kauproben auf entsprechenden Acryl-Trägerplatten. Beginnend von links Grün (weich) über Gelb (mittel) nach Rot (hart).

2.3.3 Beschriftung

Um jedes Foto des jeweiligen Kauzyklus der Kauseite zuordnen zu können, wurden diese mit der in Tabelle 2 aufgeführten Kürzel und der Studien-ID gekennzeichnet. Der erste Buchstabe des Kürzels beschreibt dabei die Kauseite, der Zweite die Farbe der Kauprobe.

Tabelle 2: Kürzel zur Beschriftung der Fotoplatten. Die oberste Spalte gibt an, auf welcher Seite die Fruchtgummi-Proben gekaut wurde, die linke Zeile gibt den Härtegrad der Fruchtgummi-Proben von Grün (weich) über Gelb (mittel) nach Rot (hart) an. Daraus entstehen Kürzel, die zur Beschriftung der Trägerplatten verwendet wurden. Bsp.: Links gekaut und mittlere Konsistenz (gelb) = LY.

	Links (L)	Rechts (R)	Beidseitig (B)
Grün (G = Green)	LG	RG	BG
Gelb (Y = Yellow)	LY	RY	BY
Rot (R = Red)	LR	RR	BR

2.3.4 Fotografieren mit Digitalkamera und Fotobox

Beim Einlegen des Registrierblattes in die Fotobox war darauf zu achten, dass es bündig anlag und die Fotoaufnahme mittels Digitalkamera scharf aufgenommen war. Fotos wurden im .jpeg-Format von der Kamera auf einer SD-Karte gespeichert.

Ebenso wurden Aufnahmen durch die Fotobox erzeugt. Nach anfänglicher Eingabe der vergebenen Patienten-ID wurden die Fotos der jeweiligen Kausequenz automatisch pseudonymisiert zugeordnet. Die neun Trägerplatten wurden nacheinander in die Schublade der standardisierten Fotoeinheit (CHEW BOX) eingelegt, um die Bilder zu generieren. Die Bildqualität wurde im Anschluss automatisch geprüft. Es erfolgte ein Datentransfer der Fotodateien im .zip-Format auf ein USB-Medium, sodass sie als .jpeg-Dateien entpackt werden konnten.



Abbildung 7: Geschlossene Fotobox (rechts) und eingelegte Trägerplatte in der digitalen Fotobox vor Auswahl der Kausequenz auf dem Bildschirm (links). Die Kauproben werden auf der Trägerplatte ausgeteilt, welche anschließend in die Fotobox eingelegt wird, um das Foto zu generieren.

2.4 Datenquellen und Variablen

Die Daten wurden zum einen aus den Anamnese- und OHIP-Bögen bezogen, zum anderen stammen sie aus der zahnärztlichen Befunderhebung, die gleichermaßen in den Studienbögen notiert worden war. Im Anschluss wurden die Variablen anhand eines Codebuches in Zahlen übersetzt und in eine Exceltabelle übertragen.

In der vorliegenden Arbeit wurden folgende Variablen aus dem Fragebogen für die Auswertung berücksichtigt: Alter, Geschlecht, allgemeine Anamnese, die Medikamenteneinnahme und die Angabe der allgemeinen Erkrankungen sowie die Pflegeeinstufung. Weiterhin wurden folgende zahnärztliche Befunde für die

Auswertung ausgewählt: der Ausgangsbefund für den Ober- und Unterkiefer, die prothetische Versorgung und der Sanierungsbedarf.

Als Datenquelle diente zudem die bereits existierenden Datenbank „Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik – Klinische Studie zum kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz“ (Stand 02.12.2017), die in dem Datenbankverwaltungssystem (DBMS) Microsoft Access (Version 2.0 14.02.2021) eingepflegt ist. Alle Patienten, die im „Behandlungskurs der Zahnersatzkunde 1 [oder] 2“ einen kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz erhalten haben, werden in diese Datenbank eingepflegt. Aus dieser ließ sich das Eingliederungsdatum des Kombi-ZEs entnehmen.

Zur Generierung des Rohdatensatzes durch die Bildanalyse, wurden die .jpeg-Fotodateien über die Internetplattform „Basecamp“ an die Steinbeis-Hochschule Stuttgart übermittelt. Zur Auswertung wurden die Bilder der Kauproben computergestützt hinsichtlich der Partikelgröße und der Teilchenanzahl analysiert. Die dabei entstandenen Rohdaten wurden in einer Exceltabelle (.xlsx) in Form von reellen Zahlen (Teilchenanzahl N und Gesamtfläche mm²) ausgegeben. Die Teilchen- und Flächenwerte wurden jeweils separat sowie unterteilt nach den Kategorien gesamt, weich, mittel, hart, rechts, links und beidseitig bereitgestellt.

Alle Variablen wurden für die Auswertung in einer Datentabelle zusammengetragen.

2.5 Datenbereinigung und fehlende Daten

Der Kaufunktionstest wurde bei 179 Patienten durchgeführt



Davon wurden 16 aufgrund folgender Punkte ausgeschlossen:

- Zwei Probanden wurden doppelt untersucht. Zudem waren keine Fotos bei der ersten Untersuchung angefertigt worden.

- Bei weiteren vier Probanden wurden ebenfalls keine fotografischen Aufzeichnungen aufgenommen.
- In vier Fällen wurden Untersuchungen doppelt durchgeführt; dabei wurde die jeweils ältere Untersuchung oder jene, bei der die Aufnahmen mit der Digitalkamera erstellt wurden, ausgeschlossen.
- In einem weiteren Fall wurden Seiten des Studienbogens unvollständig ausgefüllt, weiterhin waren die zugehörigen Fotos nicht generiert worden.
- Eine weitere Testperson wurde ausgeschlossen, da sowohl Teile des ausgefüllten Studienbogens als auch die zugehörigen Fotos fehlten.
- Bei einem doppelt untersuchten Versuchsteilnehmer wurden die Kauproben in der zweiten Untersuchung inkorrekt abfotografiert, sodass dieser zweite Datensatz verworfen werden musste.
- Eine Versuchsperson trug keinen kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz.
- Zwei vollständig vorliegende Datensätze wurden nicht zur Bildanalyse eingereicht.



163 Patientendatensätze wurden statistisch ausgewertet

2.6 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Variablen und Erstellung der Diagramme erfolgt mit JMP 16 der Firma SAS (Cary, USA) sowie PowerPoint 16.43 der Firma Microsoft (Redmond, USA).

2.6.1 Beschreibende Statistik

Zur deskriptiven Beschreibung der Studienpopulation werden die nominalen, dichotomen Variablen „Geschlecht“ und „Alter“ ebenso wie die kategorialen Daten zur allgemeinen Anamnese, Medikamenteneinnahme, Erkrankungen und Pflegeeinstufung herangezogen.

Anhand des Ausgangsbefundes werden die Zählvariablen „Anzahl der Restzähne“ und „Anzahl der Doppelkronen“ generiert.

Auch der Sanierungsbedarf wird zur Deskription der Kohorte ausgewertet. Auf Grundlage des Eingliederungsdatums der DK-Prothesen wird die jeweilige Tragedauer bis zum Zeitpunkt der Durchführung des Kaufunktionstests errechnet.

Zur Verfolgung der Forschungsfragen dient die nominale Variable „Art des Zahnersatzes“ der Gruppeneinteilung, hinsichtlich der Versorgung mit einem kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz.

Basierend auf der Anzahl verbliebener Zähne wird eine Gruppierung in Kiefer, die ein reduziertes Restgebiss (RR) im Oberkiefer- und / oder Unterkiefer aufweisen ($N \text{ der DK} \leq 4$) vorgenommen und nach „Steffel“ eingeteilt (Steffel, 1962).

Die Zielvariable der Kauleistung ist der Masticatory Efficiency Index (MEI). Zur Berechnung des MEI werden die Anzahl der zerkleinerten Teilchen (N) und die Flächenwerte (mm^2) der zerkleinerten Teilchen genutzt. Dazu werden alle in den 9 Kauzyklen produzierten Teile (N) und die in der Auswertungssoftware dazu ermittelte Gesamtfläche mit folgender Gleichung berücksichtigt:

$$MEI = \frac{\bar{x} \text{ Gesamtteilchenanzahl (N)}}{\bar{x} \text{ Gesamtflächenwert (mm}^2\text{)}}$$

Die Teilchenanzahl (N) wird nach allgemeinen Rundungsregeln bei Mittel- und Medianwerten als ganze Zahlen angegeben, da die Gesamtheit ausschließlich aus ganzzahligen Werten besteht.

Aus dem Quotienten von Teilchenanzahl und Flächengröße wird die Zielvariable errechnet. Der Vergleich der Gruppen erfolgt anhand der mittleren MEI-Werte der Gruppen.

Hinsichtlich der Frage, ob die Konsistenz der Nahrung Einfluss auf die Kauleistung nimmt, werden die Teilchenanzahl (N) bzw. Flächenwerte (mm²) aller neun Kauzyklen berücksichtigt und die Mittelwerte der jeweiligen Härtegrade sowie des MEI verglichen.

Zur Ermittlung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität wird der Summenwert des Fragebogens auf Basis der Werte der Einzelitems (0 - 4) jedes Probanden ermittelt (John et al., 2004). Zum Gruppenvergleich werden die Summenwerte gemittelt.

Die Häufigkeitsangaben der Antworten je Frage und der Mittelwert der Summenwerte je Frage werden mittels Kreuztabelle dargestellt und im Balkendiagramm veranschaulicht.

Der Verteilung der Einzelsummenwerte aller Fragen bzw. derjenigen die sich auf die Kaufunkton beziehen, sollen nach Gruppen aufgeteilt werden.

2.6.2 Schließende Statistik

Für die statistische Untersuchung von stetigen Datensätzen (bspw. des MEI) erfolgt a priori eine Testung auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test auf einem Signifikanzniveau von 5 % für den Fehler erster Art. Sollte der Hypothesentest einer Normalverteilung nicht abgelehnt werden, so wird mittels Analysis of Variance (ANOVA) und einem Turkey-Kramer HDS Test (jeweils $\alpha = 0,05$), die Werteverteilung auf Mittelwertunterschiede getestet. Im Falle nicht-normalverteilter Daten in einer untersuchten Häufigkeitsverteilung erfolgt nicht-parametrisches Testen mittels Kuskal-Wallis-Test ($\alpha = 0,05$, $p \leq 0,05$) und post-hoc mittels Steel-Dwass-Methode. Weiter wird der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test für zwei unabhängige Gruppen und Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für gepaarte Daten angewendet. Zusammenhänge mit ordinalen Daten werden mittels Spearmans' Rangkorrelation untersucht.

3 Ergebnisse

Die funktionelle Leistungsfähigkeit des stomatognathen Systems stellt einen zentralen Parameter für die orale Gesundheit und die Lebensqualität der Patienten dar. Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie eine definierte Studienpopulation, bei der sowohl strukturelle als auch funktionelle Ausgangsbedingungen systematisch erfasst wurden.

Ein besonderer Fokus hinsichtlich der Kauleistung liegt auf dem Ausgangsbefund, der sowohl die Doppelkronenversorgung als auch die funktionelle Dominanz einer Kauseite berücksichtigt. Weiterhin wird das Vorliegen eines reduzierten Restgebisses als klinisch relevante Variable abgebildet.

Neben den objektiven Parametern ermöglicht die Integration eines patientenorientierten Fragebogens die multidimensionale Bewertung zwischen funktioneller und wahrgenommener oraler Gesundheit.

3.1 Studienpopulation

Entsprechend der Einschlusskriterien konnten 163 Versuchsteilnehmer rekrutiert und untersucht werden; davon 78 Frauen und 85 Männer.

Das Durchschnittsalter betrug zum Zeitpunkt der Untersuchung 69 Jahre. Die älteste Versuchsperson war 89 Jahre alt, die jüngste 44 Jahre.

Die Häufigkeitsverteilung ist mittels Histogramms und Box-Whisker-Plot dargestellt (s. Abb. 8).

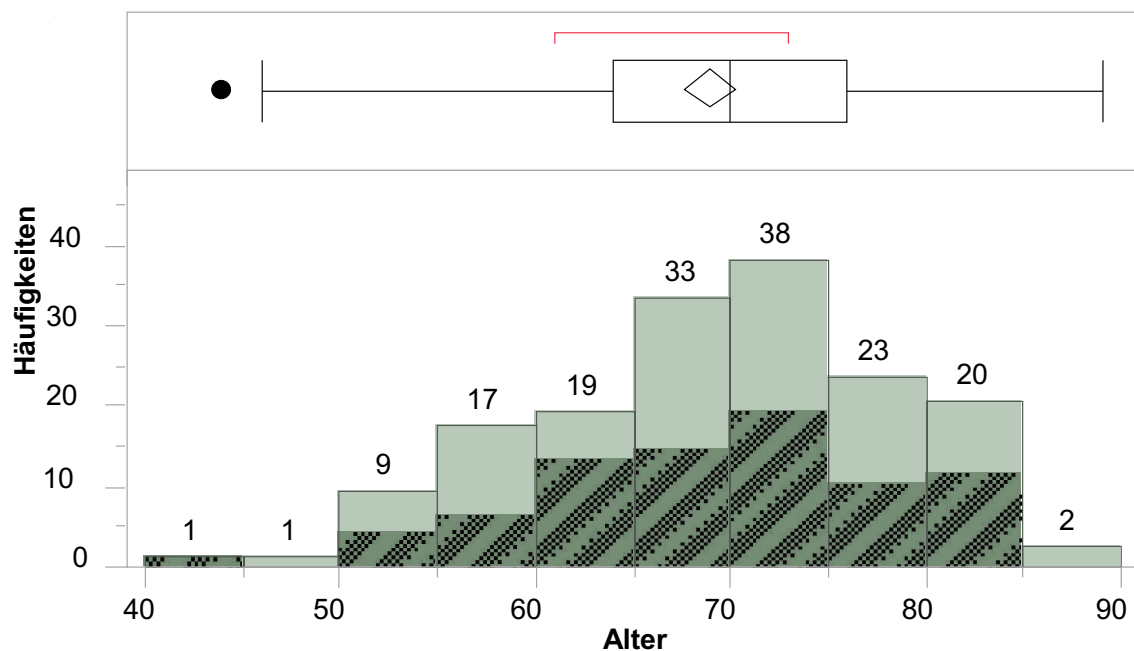


Abbildung 8: Altersverteilung der Patienten

Alter der eingeschlossenen Studienteilnehmer (n = 163) in Jahren (x-Achse) und Häufigkeitsverteilung (n, y-Achse). Der schraffierte Anteil der Balken bildet das weibliche Patientenkollektiv ab.

118 (71,8 %, 60 männlich, 58 weiblich) der Patienten gaben an, regelmäßig Medikamente einzunehmen. Im Rahmen der allgemeinen Anamnese mittels Fragebogen wurden folgende Erkrankungen genannt:

Magen-Darm-Erkrankungen von 15 (9 %) Nennungen, spezifisch:

- Gastritis, gastroösophagealer Reflux, Kardiainsuffizienz, Zwerchfellhernie n = 3 (1,9 %)
- Colitis ulcerosa, Morbus Crohn n = 3 (1,9 %)
- Andere n = 9 (5,6 %)

Kardiovaskuläre Erkrankungen von 117 (69,9 %) Nennungen, spezifisch:

- Hypertonie n = 68 (71,7 %)
- Arrhythmie n = 11 (6,9 %)
- Status post Herzinfarkt, Koronarstenose, Herzinsuffizienz n = 16 (10 %)
- Periphere Durchblutungsstörungen n = 4 (2,5 %)
- Herzschrittmacher n = 2 (1,3 %)

- Aneurysmen n = 1 (0,6 %)
- Andere n = 15 (9,3 %)

Erkrankungen des zentralen- oder peripheren Nervensystems von 24 (14,7 %)

Nennungen, spezifisch:

- Bipolare Störung n = 1 (0,6 %)
- Migräne mit Aura n = 1 (0,6 %)
- Morbus Parkinson n = 1 (0,6 %)
- Neuralgie n = 4 (2,5 %)
- Depression n = 6 (3,8 %)
- Andere n = 10 (6,3 %)

Metabolische Erkrankungen von 42 (25,8 %) Nennungen, spezifisch:

- Diabetes n = 19 (11,9 %)
- Osteoporose n = 16 (10 %)
- Erhöhter Cholesterinspiegel n = 7 (4,4 %)

Hormonelle Erkrankungen von 46 (28,2 %) Nennungen, spezifisch:

- Hyperthyreose n = 1 (0,6 %)
- Hypothyreose n = 26 (16,3 %)
- Ovarialzyste n = 1 (0,6 %)
- Andere n = 16 (9,2 %)

Erkrankungen des rheumatischen Formkreises von 21 (12,9 %), spezifisch:

- Arthrose n = 13 (8,1 %)
- Autoimmunerkrankungen n = 1 (0,6 %)
- Andere n = 7 (4,4 %)

Sonstige Erkrankungen n = 48 (29,5 %)

Ferner wurde die Pflegeeinstufung erhoben. Ein Patient (0,6 %) gab an, häusliche Pflege in Anspruch zu nehmen, zwei Patienten (1,2 %) erhielten familiäre Pflege.

3.2 Ausgangsbefund und Gruppeneinteilung

Hinsichtlich der dentogenen Situation fehlten der untersuchten Stichprobe im Mittelwert 15 Zähne (unter Ausschluss des Dritten Molaren). Von den fehlenden Zähnen wurden 901 Oberkiefer und 1095 Unterkieferzähne ersetzt. Zusätzlich wurden 6 implantatgetragene Suprakonstruktioneb dokumentiert. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9 und 10 visualisiert dargestellt.

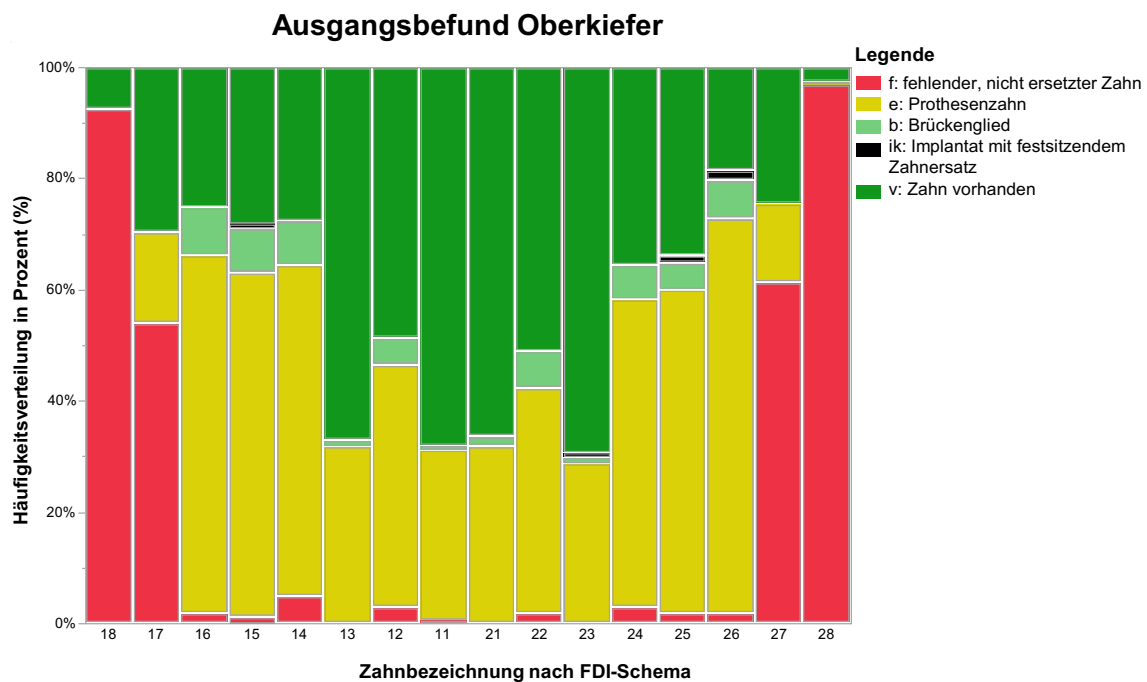


Abbildung 9: Mosaikdiagramm des OK-Ausgangsbefundes. Häufigkeitsverteilung in Prozent (%), y-Achse) der farblich codierten Befunde (f, e, b, ik, v) mit Gliederung nach dem FDI-Zahnschema (x-Achse), (n = 163).

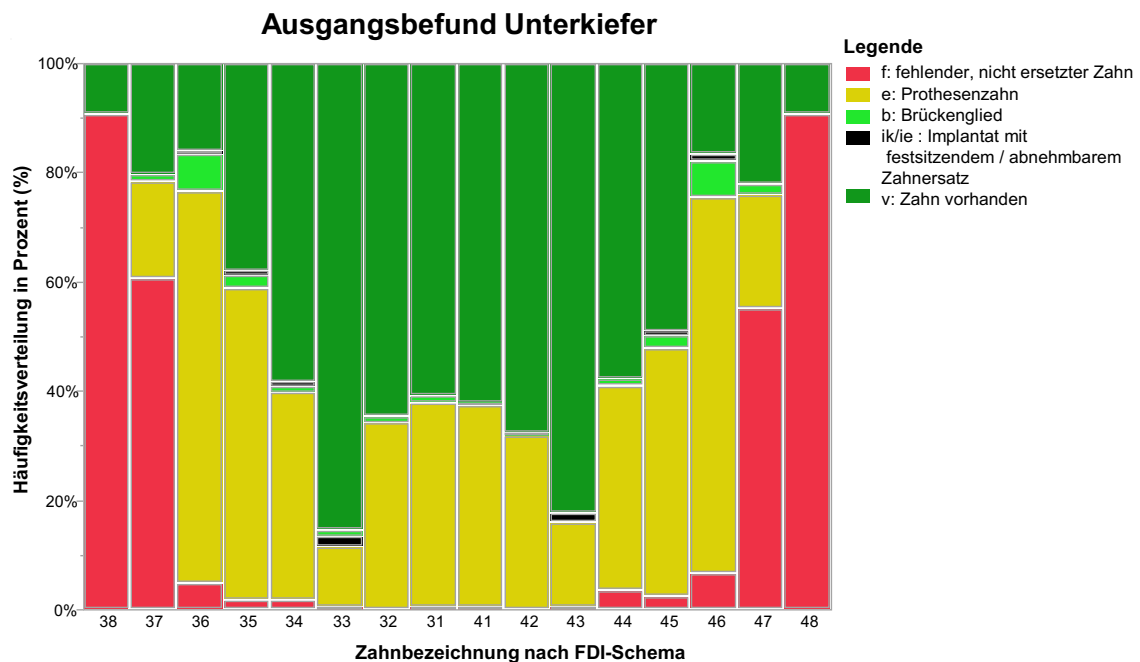


Abbildung 10: Mosaikdiagramm des UK-Ausgangsbefundes. Häufigkeitsverteilung in Prozent (%; y-Achse) der farblich codierten Befunde (f, e, b, ik/ie, v) mit Gliederung nach dem FDI-Zahnschema (x-Achse), (n = 163).

Alle 163 Teilnehmer trugen in mindestens einem Kiefer einen kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz (Kombi-ZE) auf Doppelkronen (DK).

77 Probanden waren in beiden Kiefern mit kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz auf Doppelkronen versorgt. Bei den restlichen Teilnehmenden war der Gegenkiefer wie folgt versorgt:

- **64** trugen festsitzenden Zahnersatz im Gegenkiefer,
- **11** eine Totalprothese,
- **5** Probanden eine Einstückgussprothese (ESG, Modellgussprothese),
- **4** waren natürlich bezahnt,
- **2** mit einem abnehmbaren Zahnersatz auf Implantaten versorgt.

Daraus ergeben sich folgende Gruppen (n = 163):

- **77 Teilnehmer: Kombi-ZE in beiden Kiefern (Gruppe A)**
- **68 Teilnehmer: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer (Gruppe B)**

- **11 Teilnehmer: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer (Gruppe C)**
- **7 Teilnehmer trugen eine andere Prothese im Gegenkiefer**

Die Gruppen A, B und C werden im weiteren Verlauf als Doppelkronen- / DK-Gruppen zusammengefasst.

Hinsichtlich der Patientenverteilung befanden sich in Gruppe C mit 11 Probanden ca. 6- bzw. 7-mal weniger Probanden als in Gruppe B und A. Das Durchschnittsalter wich in allen Gruppen nicht wesentlich voneinander ab (vgl. Tbl. 8, siehe Anhang).

Abbildung 11 zeigt eine Übersicht über die Gesamtheit der prothetischen Versorgung, differenziert nach Ober- und Unterkiefer, wobei beide Kiefer unabhängig voneinander betrachtet werden.

Verteilung nach Art des Zahnersatzes auf Ober- und Unterkiefer

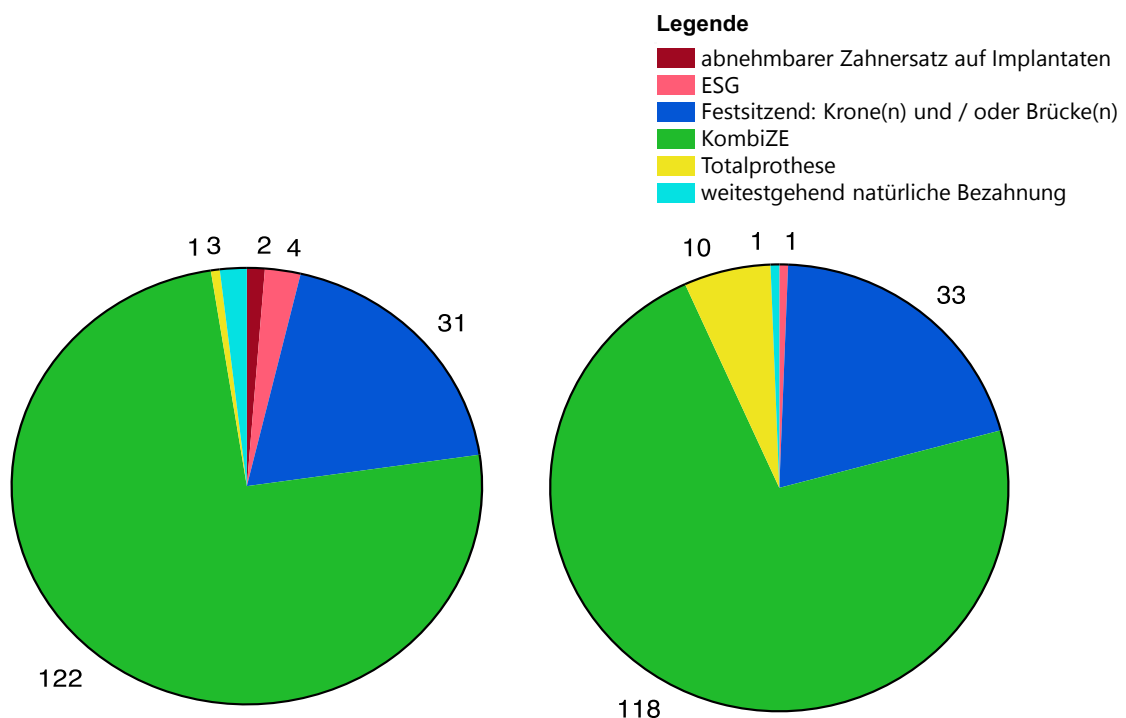


Abbildung 11: Kreisdiagramm der Verteilung von Zahnersatzformen im Ober- und Unterkiefer (n = 163).

Bei 5 Kiefern bestand ein Bedarf an einer neuen prothetischen Rehabilitation, bei 9 Prothesen ein Bedarf an laborgefertigten Reparaturen und bei 17 Prothesen ein Bedarf an Reparaturen am Behandlungsstuhl. Von diesen genannten waren 2 (Erneuerungsbedarf; 1 %), 8 (Reparatur im Labor; 3 %) und 12 (Reparatur am Behandlungsstuhl, 5 %) der DK-Prothesen betroffen.

Insgesamt wurden 240 DK-Prothesen erfasst. Davon befanden sich 118 im Oberkiefer, die im Median auf 5 (durchschnittlich 4,8) Doppelkronen abgestützt waren, und 122 im Unterkiefer, die im Median auf 4 (durchschnittlich auf 6,1) DK abgestützt waren. Die mediane Anzahl vorhandener Zähne im OK ist 5 und im UK 6, bei einer Spannweite von 1 - 10 Zähnen in beiden Kiefern (s. Abb. 12).

Die durchschnittliche Tragedauer wurde in Monaten angegeben und betrug für die Gruppe A: 34 Monate, Gruppe B: 51 Monate und für die Gruppe C: 59 Monate (vgl. Tbl.8).

Die „Anzahl der Restzähne“ und die „Anzahl der Doppelkronen“, wurden jeweils getrennt für Ober- und Unterkiefer betrachtet. Die Abbildung 12 zeigt die Verteilung, dargestellt durch Säulendiagramme und Box-Whisker-Plot.

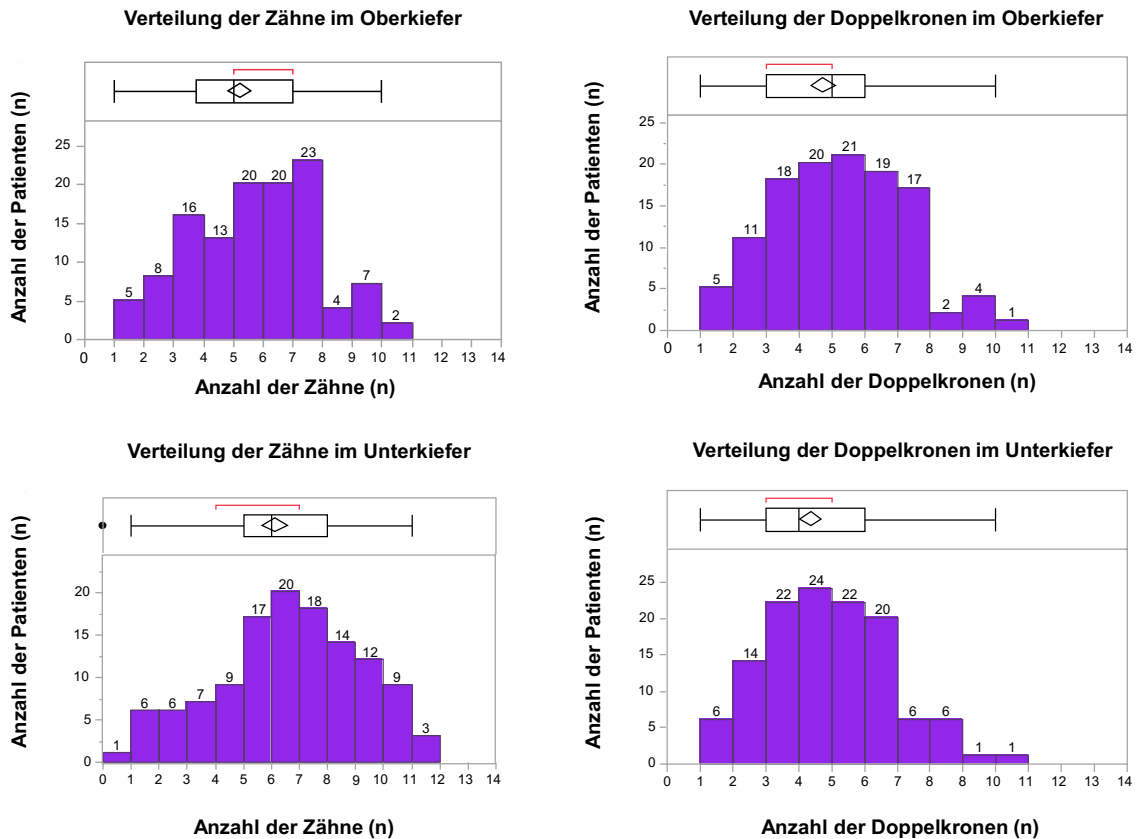


Abbildung 12: Verteilung von Zahn- (n, x-Achse der beiden linken Abbildungen) und DK-Anzahl (n, x-Achse der beiden rechten Abbildungen) im Ober- und Unterkiefer der Testpersonen (n, y-Achse), dargestellt durch Säulendiagramme und Box-Whisker-Plot (n = 163).

Bei Auswertung der DK-Prothesen wurde die verbleibende Gruppe, die mit „anderem“ Zahnersatz im Gegenkiefer versorgt war (n = 7), nicht mehr berücksichtigt, sodass 233 DK-Prothesen verblieben und 156 Teilnehmer eingeschlossen wurden.

92 Patienten waren in mindestens einem Kiefer mit DK-Prothesen auf maximal 4 DK versorgt. Von diesen wiesen 68 Patienten eine reduzierte Dentition in nur einem Kiefer auf (74 %), davon 26 im Oberkiefer (Untergruppe RU („reduced upper“), 28 %) und 42 im Unterkiefer (Untergruppe RL („reduced upper“), 46 %). Bei den restlichen 24 Patienten war ein reduziertes Gebiss in beiden Kiefern (26 %) vorhanden.

Daraus ergeben sich folgende Gruppen (n = 156):

- **Gruppe BR („both reduced“): reduzierte Dentition in beiden Kiefern (n = 24)**
- **Gruppe OR („one reduced“): reduzierte Dentition in nur einem Kiefer (n = 68)**
- **Gruppe NR („none reduced“): reduzierte Dentition in keinem Kiefer (n = 64).**

Die Gruppen BR, OR und NR werden im weiteren Verlauf als reduzierte Restgebissgruppen / RR-Gruppen zusammengefasst.

3.3 Kauleistung

Für das Patientenkollektiv (n = 156) errechneten sich Mittelwerte für die Teilchenanzahl von $N = 41$ für den durchschnittlichen Flächenwert von 260,17 mm² und für den MEI-Wert von 0,16 (Np/mm²), unter Berücksichtigung aller 9 Kauzyklen.

3.3.1 Doppelkronen (DK-) Gruppen

Die Gruppen A - C wurden zunächst hinsichtlich Anzahl und Alter der Patienten, Tragedauer des ZEs sowie Zahn- und DK-Anzahl ausgewertet.

Es gab statistisch signifikante Unterschiede in Bezug auf Zahn- und DK-Anzahl der Gruppen A - C, nicht jedoch in Bezug auf das Patientenalter und die Tragedauer. Tabelle 8 (siehe Anhang) zeigt die Verteilung der DK-Prothesen und deren Tragedauer sowie die der Zahn- und DK-Anzahl differenziert nach Gruppen und Kiefer. Ihr ist zu entnehmen, dass die Anzahl der DK-Prothesen in Gruppe A (n = 154) mehr als doppelt so hoch war wie in Gruppe B und rund 14-mal so hoch wie in Gruppe C. Die mittlere Tragedauer war in Gruppe C mit 59 Monaten am längsten, während sie in Gruppe B bei 51 Monaten und in Gruppe A bei 34 Monaten lag. Die durchschnittliche Anzahl der natürlichen Zähne war in der Gruppe mit feststehendem ZE im Gegenkiefer am höchsten (OK: 8,3, UK: 9,1). Im Gegensatz dazu wies Gruppe C die geringste Zahnanzahl auf (OK: 0,4,

UK: 4,4). Die durchschnittliche Anzahl der Doppelkronen erreichte in Gruppe A die höchsten Werte (OK; 4,5, UK; 4,4). In der Gruppe C war die durchschnittliche Anzahl an Zähnen (UK; 4,4) und Doppelkronenanzahl (UK; 4,1) im Unterkiefer größer als im Oberkiefer (OK; jeweils 0,4).

Zur Analyse der Kauleistung wurden die MEI-Mittelwerte der DK-Gruppen (vgl. Tbl. 9, siehe Anhang) sowie die mittleren Teilchen- und Flächenwerte für DK-Gruppen (vgl. Tbl. 10 und 11, siehe Anhang) herangezogen. Weiterhin sind der Median und die Standardabweichung aufgezeigt. Bei diesen Analysen wurden jeweils auch nach Härtegraden der Kauproben differenziert.

Gruppe B, die sich durch Kombi-ZE in einem Kiefer und feststehendem ZE bzw. natürlicher Bezahnung im Gegenkiefer auszeichnet, wies sowohl insgesamt als auch bei Zerteilung von weichen und harten Fruchtgummi-Proben den höchsten MEI auf, gefolgt von Gruppe A (Kombi-ZE in beiden Kiefern). Ein statistisch signifikanter Unterschied lag zwischen der Gruppe A und B vor. Lediglich bei Zerkleinerung weicher Fruchtgummi-Proben erzielte Gruppe C einen höheren Wert als Gruppe A, wobei die Differenz nur minimal ausfiel. Die Aufspaltung harter Fruchtgummi-Proben führte in allen Gruppen zum geringsten MEI, wohingegen weiche Fruchtgummi-Proben stärker fragmentiert werden konnten.

Bei Gruppe B betrug die mittlere Gesamtteilchenanzahl $N = 56$ wobei je Sequenz folgende Durchschnittswerte der Teilchenzahl erreicht wurden: weich: $N = 21$; mittel: $N = 19$; hart: $N = 15$. Gruppe C erzielte hinsichtlich der mittleren Gesamtteilchenanzahl ($N = 31$) und der mittleren Teilchenanzahl bei Zerteilung mittelharter Fruchtgummi-Proben ($N = 11$) geringfügig höhere Werte im Vergleich zu Gruppe A (gesamt: $N = 30$, mittel: $N = 11$). Diese Werte wichen in Relation zu Gruppe A marginal voneinander ab. Es wurde beobachtet, dass weiche Fruchtgummi-Proben am effizientesten zerteilt werden konnten, während harte Fruchtgummi-Proben die schlechtesten Ergebnisse lieferten.

Gruppe B wies sowohl im Hinblick auf die mittlere Gesamtfläche ($229,06 \text{ mm}^2$) als auch die nach Härtegraden unterteilten mittleren Flächenwerte die

geringsten Werte auf (weich: 232,29 mm², mittel: 236 mm², hart: 266,60 mm²), während Gruppe A die jeweils größten Flächenwerte verzeichnete (gesamt: 288,15 mm², weich: 287,61 mm², mittel: 289,78 mm², hart: 321,25 mm²). Weiche Fruchtgummi-Proben ließen sich am effektivsten zerteilen, während harte Fruchtgummi-Proben den höchsten Widerstand leisteten.

Abbildung 13 stellt die Verteilung des Masticatory Efficiency Index (MEI) dar, aufgeschlüsselt nach Härtegraden der Kauproben und der DK-Gruppen.

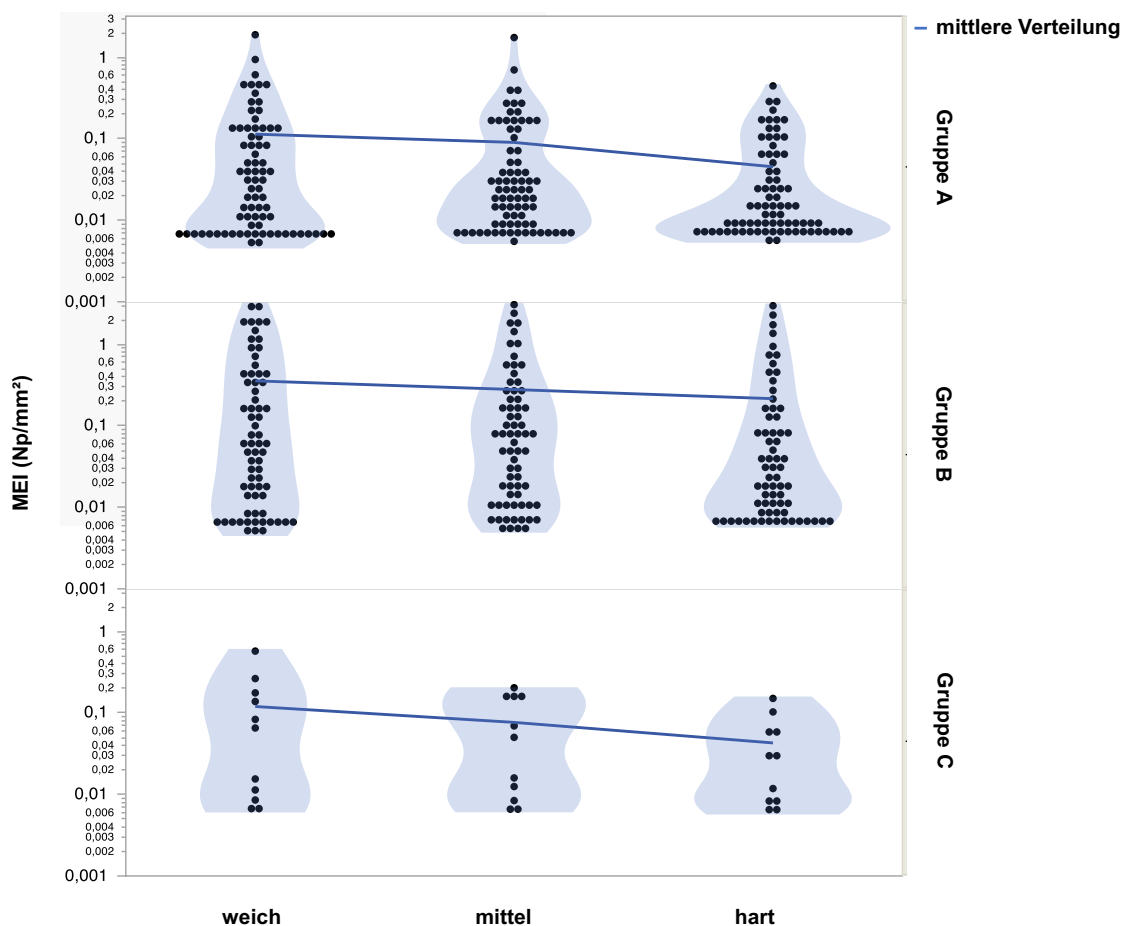


Abbildung 13: Streudiagramm mit Verbindungslinie der Mittelwerte zur Darstellung der Verteilung der MEI-Werte (logarithmisch dargestellt auf der y-Achse in Np/mm²). Aufteilung in Doppelkronen (DK-) Gruppen A - C (sekundäre y-Achse) und Härtegrade der Kauproben (weich, mittel, hart) auf der x-Achse. Jeder Punkt stellt einen Patienten dar. A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer, (n = 156).

Weiterhin ist die Verteilung der Teilchenanzahl nach Härtegrad für jede Gruppe veranschaulicht (s. Abb. 14).

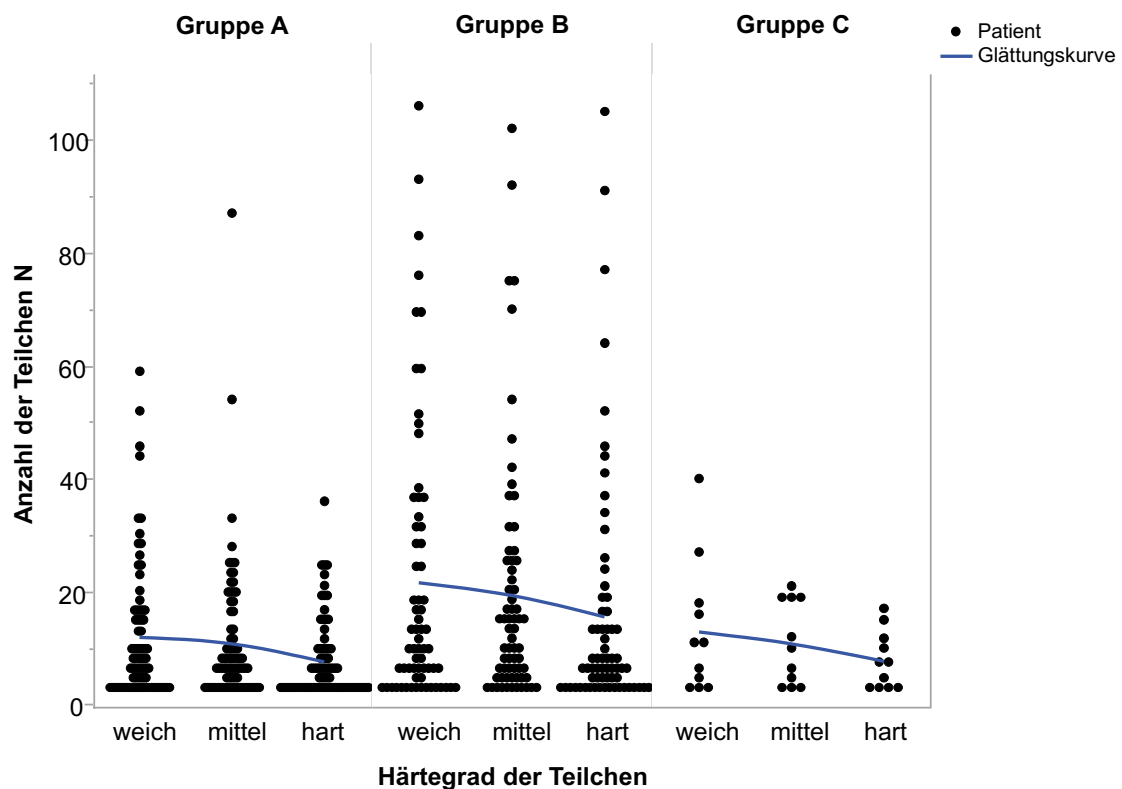


Abbildung 14: Streudiagramm zur Darstellung der Verteilung der Teilchenanzahl (y-Achse) nach Härtegrad (x-Achse: weich, mittel, hart) und nach den Doppelkronen (DK-) Gruppen A - C (sekundäre x-Achse). Jeder Punkt stellt einen Patienten dar. A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer), (n = 156).

3.3.1.1 Kauseite

Um Unterschiede der Kauleistung in Bezug auf die Kauseite festzustellen, wurden die prozentualen Anteile der Teilchen am Gesamttest ausgewertet und visualisiert. Diese verteilten sich wie folgt:

Gruppe A: beidseits = 34,43 %; links = 33,07 %; rechts = 32,5 %

Gruppe B: beidseits = 34,7 %; links = 30,9 %; rechts = 33,67 %

Gruppe C: beidseits = 40,36 %; links = 34,5 %; rechts = 25,14 %

Ein statistisch signifikanter Unterschied ergab sich dabei in der Gruppe C sowohl zwischen rechter und linker Kauseite als auch zwischen rechter Kauseite und beidseitigem Kauen. Dem hingegen gab es in den Gruppen A und B keine wesentlichen Leistungsunterschiede.

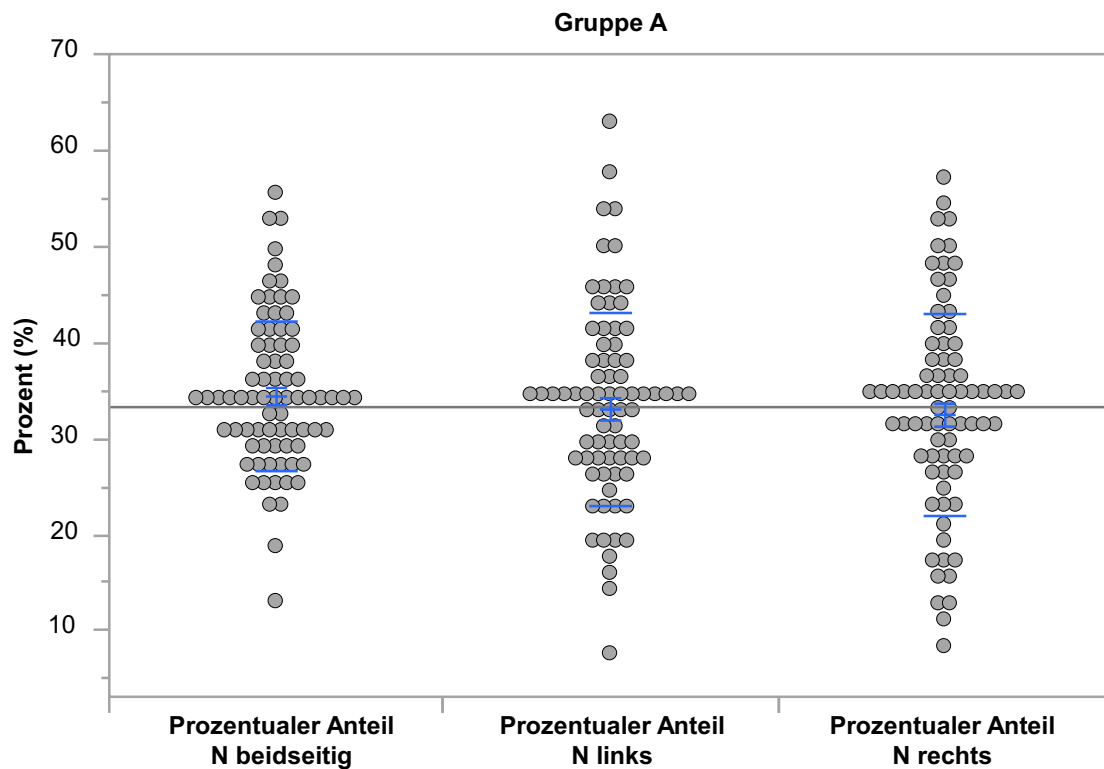


Abbildung 15: Streudiagramm der Gruppe A mit Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen. Die Abbildung zeigt die prozentuale Verteilung der Teilchen (y-Achse), aufgeteilt nach Kauseite (x-Achse; beidseitig, links, rechts). Jeder Punkt stellt einen Patienten dar. A: Kombi-ZE in beiden Kiefern (n = 77).

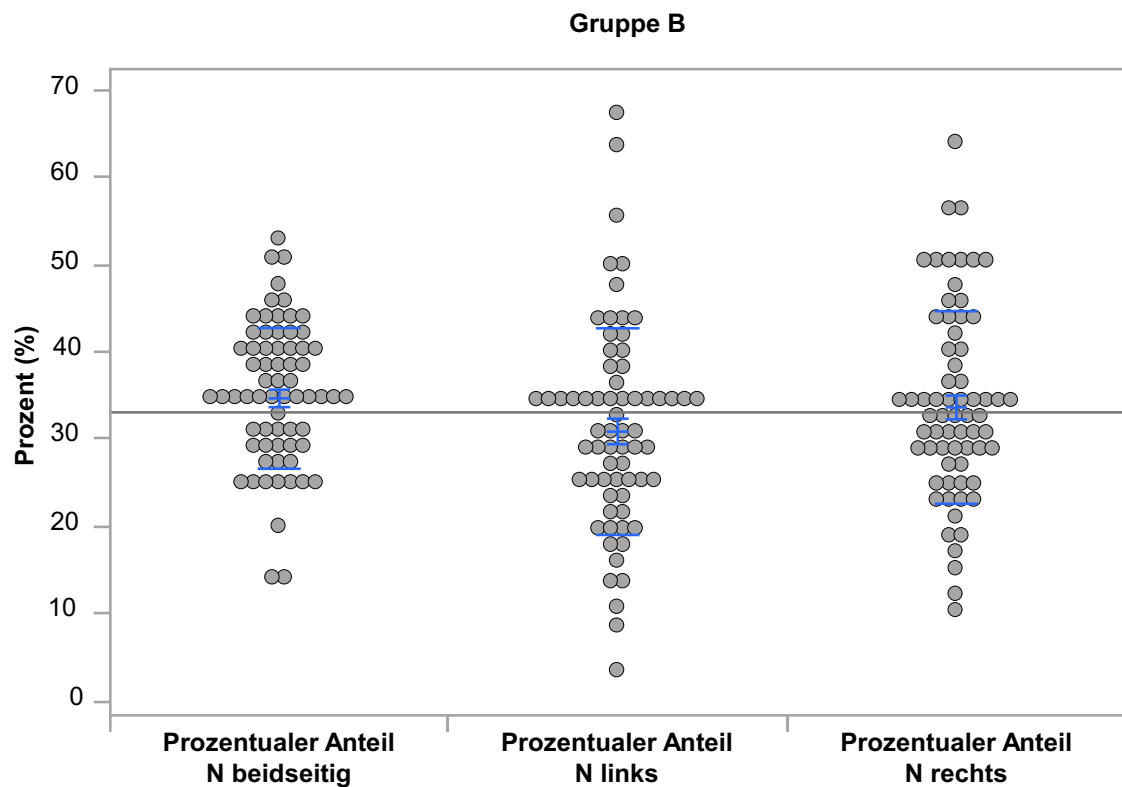


Abbildung 16: Streudiagramm der Gruppe B mit Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen. Die Abbildung zeigt die prozentuale Verteilung der Teilchen (y-Achse), aufgeteilt nach Kauseite (x-Achse; beidseitig, links, rechts). Jeder Punkt stellt einen Patienten dar. B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer (n = 68).

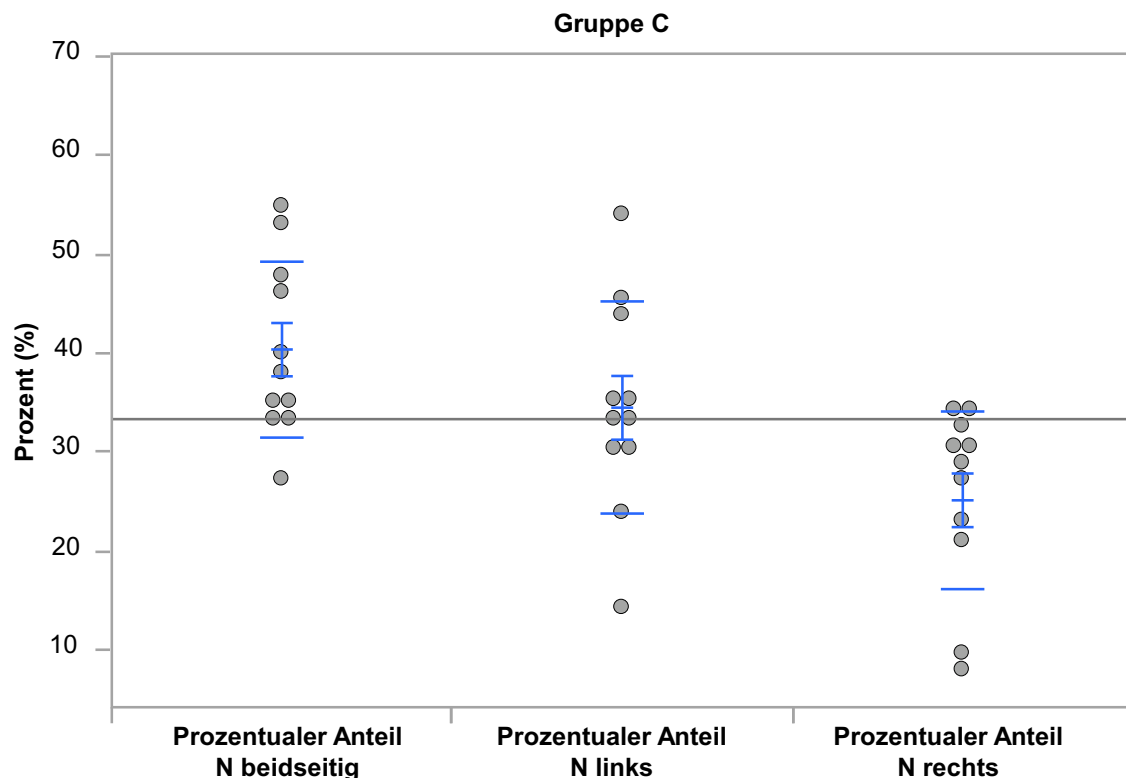


Abbildung 17: Streudiagramm der Gruppe C mit Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen. Die Abbildung zeigt die prozentuale Verteilung der Teilchen (y-Achse), aufgeteilt nach Kauseite (x-Achse; beidseitig, links, rechts). Jeder Punkt stellt einen Patienten dar. C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer (n = 11).

3.3.2 Reduzierte Restgebiss (RR-) Gruppen

Die RR-Gruppen wurden mittels Kreuztabelle hinsichtlich Anzahl und Alter der Patienten, Tragedauer des ZEs sowie Zahn- und DK-Anzahl ausgewertet (vgl. Tbl. 12, siehe Anhang).

Die Patientenanzahl der Gruppe OR (N = 68) und NR (N = 68) war nahezu gleich, während im Vergleich die Gruppe BR (N = 24) weniger als die Hälfte an Studienteilnehmern enthielt.

Das Durchschnittsalter wich in allen Gruppen kaum voneinander ab.

Die durchschnittliche Anzahl an Zähnen war bei Probanden mit reduziertem Restgebiss in beiden Kiefern (BR) am niedrigsten, während sie bei Probanden ohne reduziertes Restgebiss (NR) am höchsten war.

Bei Betrachtung der überkronten Zähne zeigt sich ebenfalls ein aufsteigendes Verteilungsmuster im UK (BR: 3,00 > OR: 3,19 > NR: 3,77). Dem hingegen war die Anzahl der DK im OK in der Gruppe NR am größten (N = 5), während Gruppe OR einen geringfügig niedrigeren Wert (N = 3) als Gruppe BR (N = 3) aufwies.

In allen RR-Gruppen war die Zahnanzahl im Unterkiefer jeweils höher als im Oberkiefer.

Die reduzierten Restgebissgruppen und die MEI-Mittelwerte wurden im Rahmen der explorativen Datenanalyse verglichen. Die mittleren MEI-Werte der reduzierten Restgebissgruppen sind der Tabelle 13 zu entnehmen. Unabhängig von der DK-Gruppe zeigten sich im Hinblick auf das Vorhandensein eines reduzierten Restgebisses statistisch signifikante Unterschiede der MEI-Mittelwerte zwischen der Gruppe ohne reduziertes Restgebiss in einem Kiefer (NR; MEI-Mittelwert = 0,73) und der Gruppe mit reduziertem Restgebiss in beiden Kiefern (BR; MEI-Mittelwert = 0,16) als auch gegenüber der Gruppe mit reduziertem Restgebiss mit einem Kiefer (OR; MEI-Mittelwert = 0,32).

Mit Ausnahme der OR-Gruppe, in der weiche und mittlere Fruchtgummi-Proben gleich gut zerteilt wurden, ließ sich auch hier innerhalb jeder Gruppe eine zunehmend schlechtere Zerteilung mit steigendem Härtegrad erkennen.

Die Teilchen- und Flächenwerte sind in Tabelle 14 und 15 aufgeführt (siehe Anhang). Bei diesen Analysen wurden jeweils auch die Härtegrade der Kauproben betrachtet.

In Bezug auf den mittleren Gesamtwert der Teilchen (N) wird deutlich, dass Gruppe BR die geringste Teilchenanzahl sowohl insgesamt (N = 27) als auch unter Berücksichtigung der Härtegrade (weich: N = 11, mittel: N = 9, hart: N = 7) erreichte. Versuchsteilnehmer ohne ein RR erzielten insgesamt die höchste Kauleistung.

Die weichen Kauproben wiesen innerhalb der Gruppen jeweils die höchste Anzahl von erfassten Teilchen auf, während die harten Kauproben die niedrigste Anzahl zeigten.

Mit zunehmendem Vorliegen eines Restgebisses war eine Abnahme der mittleren Flächenwerte (mm^2) zu verzeichnen. Dies gilt sowohl für den Gesamtwert als auch bei Aufteilung der Werte in weiche, mittlere und harte Kauproben.

Innerhalb der Gruppe NR wurden weiche Fruchtgummi-Proben am meisten zerteilt, harte am wenigsten. In Gruppe BR und OR ist zu erkennen, dass mittlere Fruchtgummi-Proben besser zerkaut wurden als weiche, harte am schlechtesten.

Die Differenzierung der RR-Gruppen in DK-Gruppen (vgl. Tbl. 16, siehe Anhang) und die Untersuchung der MEI-Mittelwerte ergab einen statistisch signifikanten Unterschied der MEI-Werte zwischen Gruppe A und B. In Gruppe A, in der das reduzierte Restgebiss hauptsächlich vorlag, gab es keinen statistisch signifikanten Unterschied der MEI-Mittelwerte zwischen den Untergruppen des reduzierten Restgebisses (BR: N = 24, Mittelwert = 0,16, SD = 0,07; OR: N = 22, Mittelwert = 0,17, SD = 0,08; NR: N = 31, Mittelwert = 0,26, SD = 0,06).

Abbildung 18 veranschaulicht die Aufteilung der RR in DK-Gruppen und bildet die entsprechenden MEI-Werte ab.

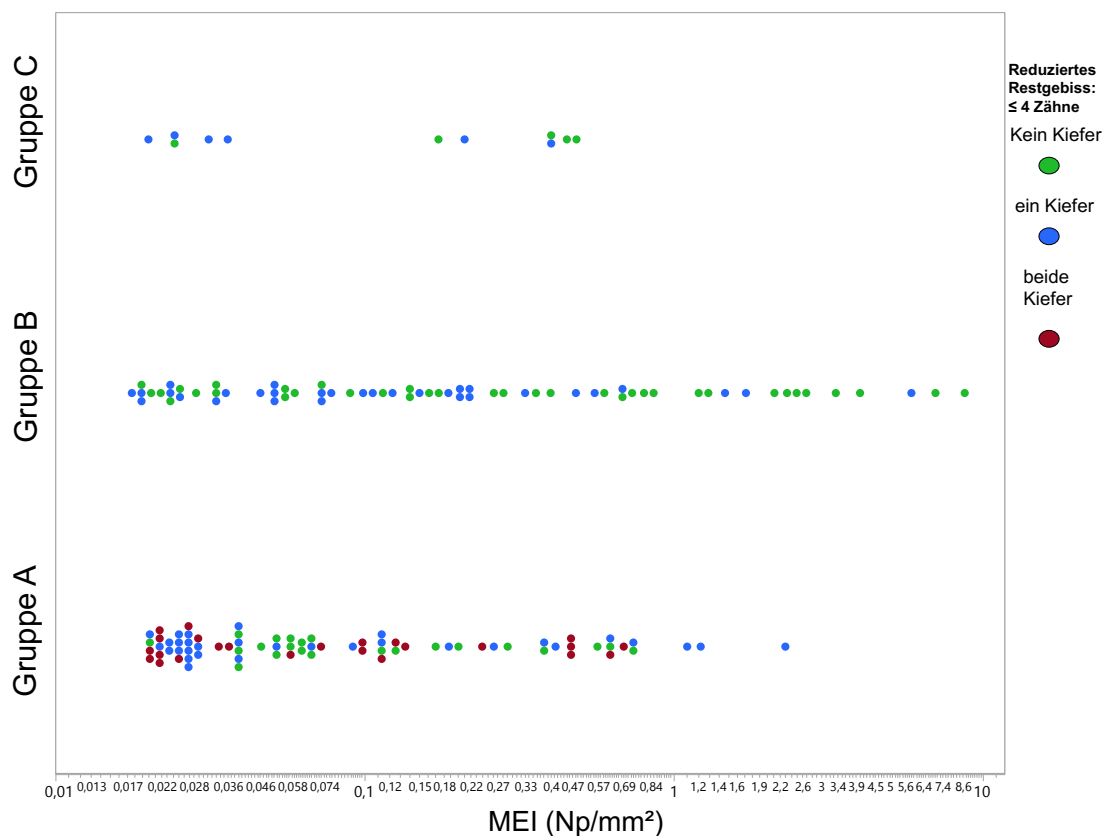


Abbildung 18: Logarithmisch dargestellte MEI-Werte (Np/mm^2 , x-Achse) strukturiert nach Doppelkronen (DK-) Gruppen A - C. Jeder Punkt stellt den mittleren MEI-Wert einer Testperson dar, wobei die Farbe anzeigt, ob eine reduzierte Dentition in keinem (grün), einem (blau) oder in beiden Kiefern (rot) vorliegt. (A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer ($n = 156$)).

Die Restzahngebisse wurden darüber hinaus hinsichtlich der Prothesenkinematik nach Steffel eingeteilt.

3.3.2.1 Unterstützungsfeld

Für diese Auswertung wurden ausschließlich Patienten der Gruppe B mit einem reduzierten Restgebiss (RR) berücksichtigt. Als Konstante wurde ein Kiefer herangezogen, der entweder mit festsitzendem ZE versorgt oder natürlich bezahnt war. Der Gegenkiefer sollte ein RR aufweisen, das nach Steffel eingeteilt werden konnte.

Aufgrund einer zu geringen Datenmenge konnte der Einfluss der Steffelklasse bzw. die Prothesenabstützung auf die Kauleistung, gemessen an dem MEI,

nicht suffizient untersucht werden. Die Auswertung erfolgte daher nur deskriptiv. Eine Darstellung wurde durch Boxplot-Diagramme vorgenommen (s. Abb. 19).

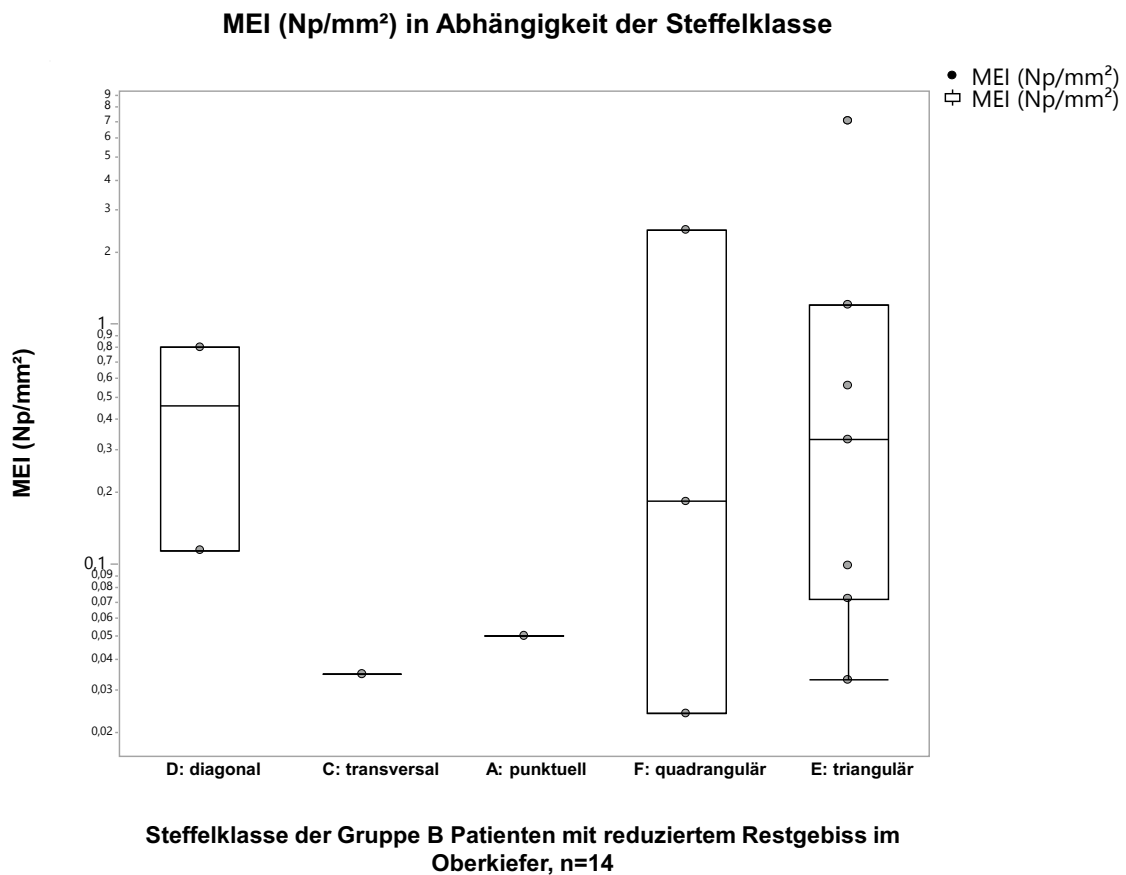


Abbildung 19: Logarithmische Darstellung der MEI-Werte (Np/mm², y-Achse) von Patienten der Gruppe B (Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer) mit einem reduziertem Restgebiss im OK (n = 14), gruppiert nach Steffelklasse A-F (x-Achse) (Klasse A: punktuelle Abstützung, Klasse B: lineare–sagittale Abstützung, Klasse C: lineare–transversale Abstützung, Klasse D: lineare–diagonale Abstützung, Klasse E: trianguläre Abstützung, Klasse F: quadranguläre Abstützung).

3.4 OHIP-G14-Fragebogen

In die Auswertung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität wurden alle auswertbaren Studienteilnehmer (n = 163) eingeschlossen. Der maximal zu erreichende aufsummierte OHIP-Wert liegt bei 56 für die jeweilige befragte Person. Für die Teilnehmer dieser Studie ergab sich ein Mittelwert von 3,3.

Die Häufigkeitsangaben der Antworten je Frage und der Mittelwert der Summenwerte je Frage sind in der nachfolgenden Tabelle 3 dargestellt. Die ordinalskalierten Daten des OHIP-Fragebogens wurden zusätzlich mittels Balkendiagramm visualisiert (s. Abb. 20).

Tabelle 3: Ergebnisse des OHIP-Fragebogens, Häufigkeiten der Item-Angaben und mittlere Summenwerte (MW) der Items unter Berücksichtigung der Skalenwerte („sehr oft“ = 4, „oft“ = 3, „ab und zu“ = 2, „kaum“ = 1, „nie“ = 0) je Frage (n = 163).

Fragen 1-14	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie	MW
Hatten Sie im vergangenen Monat aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz ...						
Schwierigkeiten bestimmte Worte auszusprechen?	1	1	15	8	138	0,28
das Gefühl, dass Ihr Geschmackssinn war beeinträchtigt?	2	2	12	4	143	0,26
den Eindruck, dass Ihr Leben ganz allgemein weniger zufriedenstellend war?	4	5	5	9	140	0,31
Schwierigkeiten zu entspannen?	2	2	13	8	138	0,29
Ist es im vergangenen Monat aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz vorgekommen, ...						
dass Sie sich angespannt gefühlt haben?	3	3	8	3	146	0,25
dass Sie Ihre Mahlzeiten unterbrechen mussten?	0	1	4	3	155	0,09
dass es Ihnen unangenehm war, bestimmte Nahrungsmittel zu essen?	2	8	17	21	115	0,53
dass Sie anderen Menschen gegenüber eher reizbar gewesen sind?	0	2	3	1	157	0,08
dass es Ihnen schwergefallen ist, Ihren alltäglichen Beschäftigungen nachzugehen?	0	1	4	0	158	0,07
dass Sie vollkommen unfähig waren, etwas zu tun?	0	0	2	2	159	0,04

dass Sie sich ein wenig verlegen gefühlt haben?	2	1	3	3	154	0,12
dass Ihre Ernährung unbefriedigend gewesen ist?	4	2	3	4	150	0,2
Hatten Sie im vergangenen Monat ...						
Schmerzen im Mundbereich?	5	5	19	16	118	0,55
ein Gefühl der Unsicherheit in Zusammenhang mit Ihren Zähnen, Ihrem Mund oder Ihrem Zahnersatz?	4	0	10	9	140	0,28

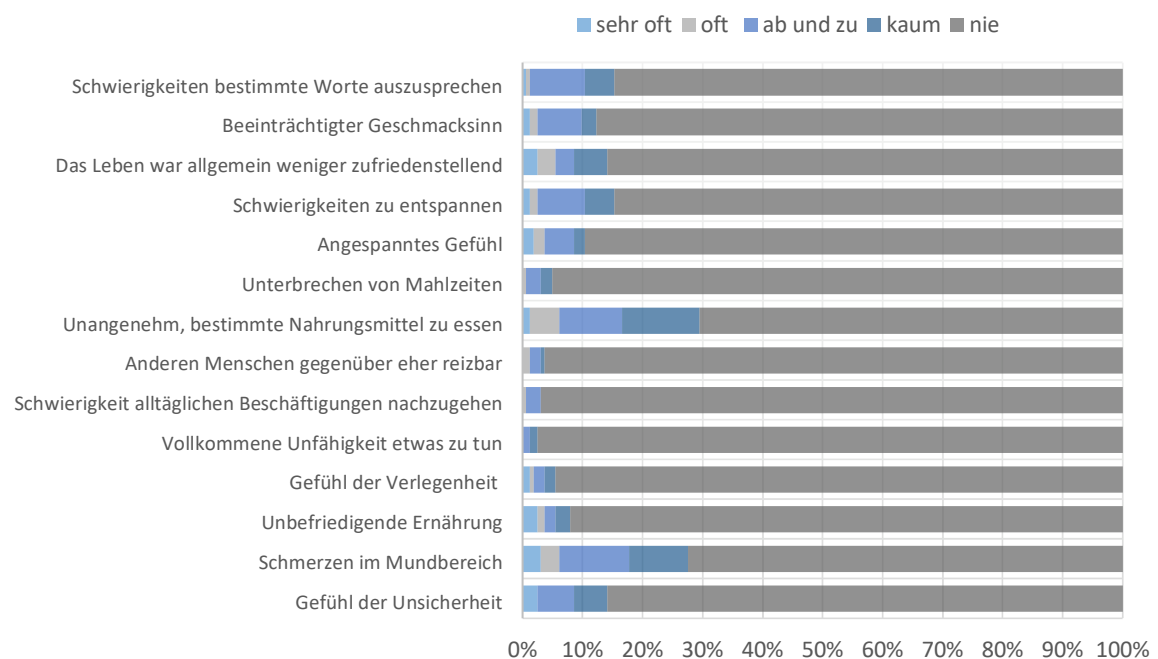


Abbildung 20: Gestapeltes Balkendiagramm zur Veranschaulichung der OHIP-Ergebnisse in Prozent (%), (n = 163).

Aus der Abbildung geht deutlich hervor, dass viele der Prothesenträger beim Verzehr bestimmter Nahrungsmittel Unannehmlichkeiten empfanden (29 %) und häufig Schmerzen im Mundraum (28 %) angaben.

Die Verteilung der Einzelsummenwerte aller Fragen, aufgeteilt in die Gruppen A - C und die RR-Gruppen, wurden mittels Kreuztabellen dargestellt (s. Tbl. 4 und 5). Weiterhin wurden Boxplot-Diagramme zur Darstellung angewandt (s. Abb. 21 und 22).

Es lagen keine statistisch signifikante Unterschiede der Summenwerte zwischen den drei Gruppen A - C oder den RR-Gruppen vor.

Der mittlere Summenwert der Patienten in den oberen 10 % der MEI-Werte lag bei 2,6. Der mittlere Summenwert der Patienten in den unteren 10 % der MEI-Werte lag bei 3,5.

Tabelle 4: Prozentuale Verteilung der OHIP-Summenwerte der Doppelkronen (DK-) Gruppen A - C mit einem Wertebereich von 0 - 39, bei einem maximal zu erreichenden Wert von 56. (A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer), (n = 156).

DK-Gruppe	OHIP-Summenwerte																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	19	22	37	39
Gruppe A	37,7 %	9,1 %	10,4 %	11,7 %	9,1 %	2,6 %	3,9 %	6,5 %	1,3 %	1,3 %	2,6 %	0,0 %	2,6 %	1,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Gruppe B	42,6 %	14,7 %	11,8 %	1,5 %	7,4 %	0,0 %	1,5 %	1,5 %	7,4 %	0,0 %	1,5 %	1,5 %	0,0 %	0,0 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
Gruppe C	18,2 %	9,1 %	18,2 %	27,3 %	9,1 %	9,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	9,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Der Tabelle 4, welche die OHIP-Werte nach Gruppen A - C unterteilt, ist zu entnehmen, dass sich die größten Prozentwerte (>9 %) im Bereich von 0-13, bei einem maximal zu erreichenden Wert von 56 befinden.

Gruppe A erzielte Werte in einem Bereich von 0 - 14, Gruppe C von 0 - 13 und Gruppe B von 0 - 39, wobei letztere die größte Spannweite verzeichnete.

Der niedrigste Summenwert von 0 wurde am häufigsten in Gruppe B (42,6 %), gefolgt von Gruppe A (37,7 %) und C (18,2 %) erreicht.

In Gruppe C lag der größte Prozentsatz mit 27,3 bei dem Summenwert von 3.

Über 50 % der Probanden in den jeweiligen Gruppen gaben niedrige Summenwerte im Bereich von 0 bis 3 an (Gruppe B: 0 - 1; Gruppe A: 0 - 2; Gruppe C: 0 - 3).

Der Median lag in Gruppe A bei 2 (IQR 0;4, Maximum 14), in Gruppe B bei 1 (IQR 1;4, Maximum 39) und in Gruppe C bei 3 (IQR 1;4, Maximum 13).

Bei Einteilung der Summenwerte in vier Intervalle (0, 1 - 4, 5 - 17, >17) sah die Verteilung wie folgt aus:

Gruppe A; 0: 37,7 % (n = 29), 1 - 4: 40,3 % (n = 31), 5 - 17: 22,1 % (n = 17), >17: 0,0 % (n = 0).

Gruppe B; 0: 42,6 % (n = 29), 1 - 4: 35,3 % (n = 24), 5 - 17: 16,2 % (n = 11), >17: 5,9 % (n = 4).

Gruppe C; 0: 18,2 % (n = 2), 1 - 4: 63,6 % (n = 7), 5 - 17: 18,2 % (n = 2), >17: 0,0 % (n = 0).

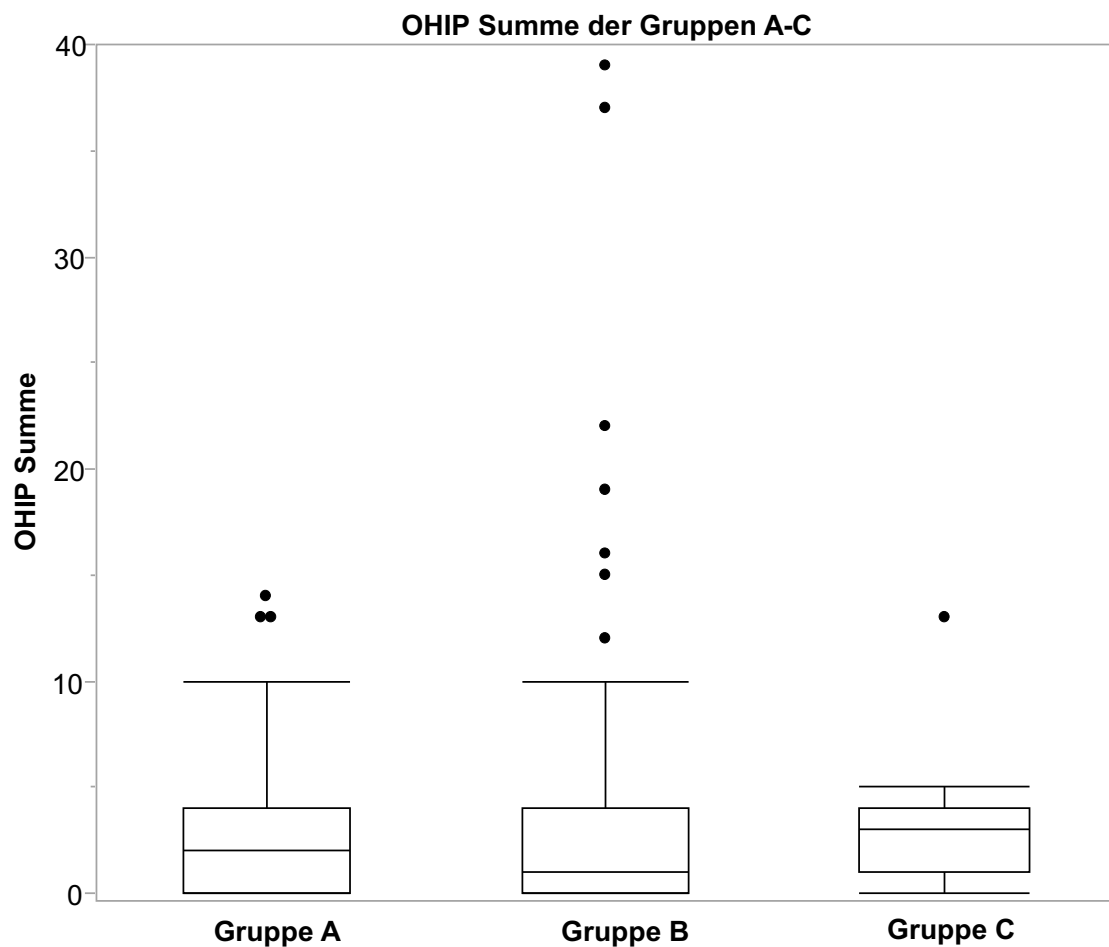


Abbildung 21: Boxplotdiagramme zur Darstellung der OHIP-G14 Summenwerte (y-Achse) in den Doppelkronen (DK-) Gruppen A - C (x-Achse). (A: Kombi-ZE in

beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer), (n = 156).

Tabelle 5: Prozentuale Verteilung der OHIP-Summenwerte nach reduzierten Restgebiss (RR-) Gruppen mit einem Wertebereich von 0 - 39, bei einem maximal zu erreichenden Wert von 56. (BR: reduzierte Dentition in beiden Kiefern, OR: reduzierte Dentition in nur einem Kiefer, NR: reduzierte Dentition in keinem Kiefer), (n = 156).

RR-Gruppe	OHIP-Summenwerte																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	19	22	37	39
BR	45,8 %	8,3 %	12,5 %	12,5 %	8,3 %	4,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,2 %	4,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
OR	33,8 %	11,8 %	14,7 %	7,4 %	7,4 %	1,5 %	5,9 %	4,4 %	4,4 %	0,0 %	1,5 %	0,0 %	4,4 %	0,0 %	0,0 %	1,5 %	0,0 %	0,0 %	1,5 %	0,0 %
NR	40,6 %	12,5 %	7,8 %	7,8 %	9,4 %	1,6 %	0,0 %	4,7 %	4,7 %	0,0 %	1,6 %	1,6 %	0,0 %	1,6 %	1,6 %	0,0 %	1,6 %	1,6 %	0,0 %	1,6 %

Wie Tabelle 5 veranschaulicht, traten die höchsten prozentualen Anteile (>9 %) im Wertebereich von 0 - 4 auf, wobei der maximal erreichbare Wert bei 39 lag.

Die Spannweite der Werte betrug in der Gruppe BR 0 - 10, in der Gruppe NR 0-39 und in der Gruppe OR 0 - 37, wobei letztere die größte Spannweite vorlegte.

Am häufigsten ist in allen Gruppen der Summenwert 0 erreicht worden (BR: 45,8 %; NR: 40,6 %; OR: 33,8 %).

Über 50 % der Probanden in den jeweiligen Gruppen erzielten niedrige Summenwerte im Bereich von 0 bis 2 (BR: 0 - 1, NR: 0 - 1, OR: 0 - 2).

In Gruppe BR lag der Median bei 1 (IQR 0;3, Maximum 10), in Gruppe OR bei 2 (IQR 0;4,75, Maximum 37) und in Gruppe NR bei 1 (IQR 0,4; Maximum 39).

Nach Einteilung der Summenwerte in vier Intervalle (0, 1 - 4, 5 - 17, >17) sah die Verteilung wie folgt aus:

BR; 0: 45,8 % (n = 11), 1 - 4: 41,7 % (n = 10), 5 - 17: 12,5 % (n = 3), >17: 0,0 % (n = 0).

OR; 0: 33,8 % (n = 23), 1 - 4: 41,2 % (n = 28), 5 - 17: 23,5 % (n = 16), >17: 1,5 % (n = 1).

NR; 0: 40,6 % (n = 26), 1 - 4: 37,5 % (n = 224), 5 - 17: 17,2 % (n = 11), >17: 4,7 % (n = 3).

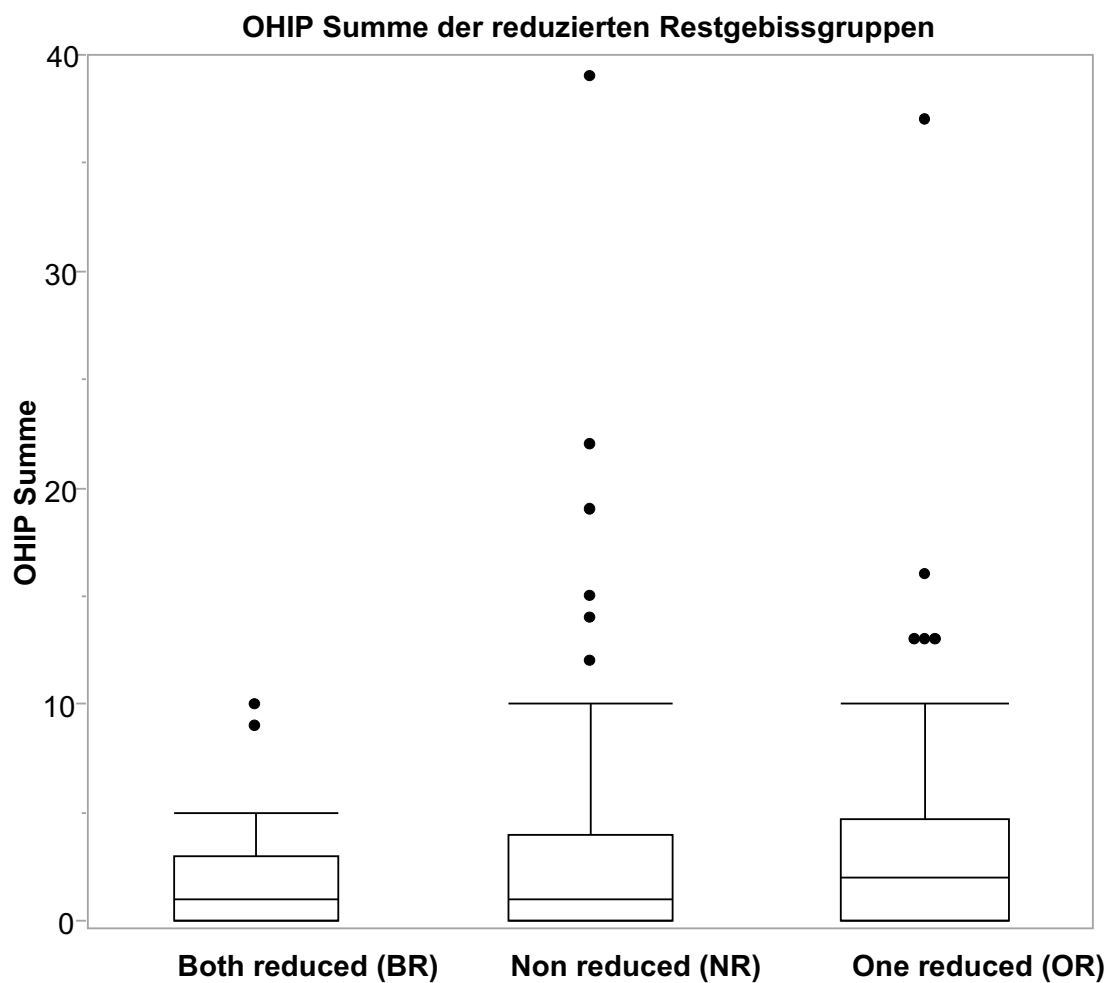


Abbildung 22: Boxplot der OHIP-Summenwerte (y-Achse), aufgeteilt in die RR-Gruppen (x-Achse). (BR: reduzierte Dentition in beiden Kiefern, OR: reduzierte Dentition in nur einem Kiefer, NR: reduzierte Dentition in keinem Kiefer), (n = 156).

Von allen vierzehn Fragen bezogen sich die drei Fragen 6, 7, 12 speziell auf die Kaufunktion. Bei einem insgesamt zu erreichenden Summenwert von 12 betrug der maximal errechnete Wert 9. Der mittlere Summenwert aller drei Fragen lag

bei 0,27 (mittlerer Summenwerte je Frage: Frage 6: 0,09, Frage 7: 0,53, Frage 8: 0,2).

Die Verteilung der Einzelsummenwerte der Fragen, aufgeteilt in die DK- und RR-Gruppen sind in folgenden Tabellen 6 und 7 aufgeführt.

Es lagen jeweils keine statistisch signifikanten Unterschiede der Summenwerte zwischen den Gruppen A - C oder den RR-Gruppen vor ($p \leq 0,05$).

Tabelle 6: Prozentuale Verteilung der OHIP-Summenwerte in Bezug auf die Kaufunktion (Fragen 5, 7 und 12). Unterteilt in die Doppelkronen (DK-) Gruppen A - C mit einem Wertebereich von 0-9 und einem maximal zu erreichenden Wert von 12. (A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer), (n = 156).

DK-Gruppe	OHIP-Summenwerte									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gruppe A	71,4%	13,0%	7,8%	2,6%	0,0%	2,6%	1,3%	1,3%	0,0%	0,0%
Gruppe B	72,1%	8,8%	5,9%	4,4%	1,5%	1,5%	1,5%	0,0%	1,5%	2,9%
Gruppe C	45,5%	27,3%	18,2%	0,0%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabelle 7: Prozentuale Verteilung der OHIP-Summenwerte in Bezug auf die Kaufunktion (Fragen 5, 7 und 12). Unterteilt in reduzierten Restgebiss (RR-) Gruppen mit einem Wertebereich von 0-9 und einem maximal zu erreichenden Wert von 12. (BR: reduzierte Dentition in beiden Kiefern, OR: reduzierte Dentition in nur einem Kiefer, NR: reduzierte Dentition in keinem Kiefer), (n = 156).

RR-Gruppe	OHIP-Summenwerte									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BR	66,7%	12,5%	12,5%	0,0%	0,0%	4,2%	4,2%	0,0%	0,0%	0,0%
OR	75,0%	8,8%	5,9%	2,9%	2,9%	0,0%	1,5%	1,5%	0,0%	1,5%
NR	65,6%	15,6%	7,8%	4,7%	0,0%	3,1%	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%

Zur besseren Beurteilbarkeit wurden die erreichten Summenwerte in vier Intervalle (0; 1 - 3; 4 - 7 und 8 - 9) unterteilt.

Für die prozentuale Verteilung der Summenwerte in den DK-Gruppen A - C (vgl. Tbl. 6) war festzustellen, dass Gruppe B mit 72,1 % den höchsten Anteil an 0-Werten lieferte, gefolgt von Gruppe A (71,4 %) und Gruppe C (45,5 %).

Die mittleren Werte (1 - 3) traten am häufigsten in Gruppe C auf (45,4 %), gefolgt von Gruppe A (23,4 %) und B (19,1 %).

Auch wies Gruppe C mit 9,1 % den höchsten Anteil an Werten zwischen 4 und 7 auf, gefolgt von Gruppe B (7,3 %) und A (5,2 %).

Die Gruppen A und C verzeichneten keine Summenwerte größer 7, während in Gruppe B 4,4 % Summenwerte von 8 oder 9 erreicht worden sind.

Insgesamt zeigte Gruppe A neben einem hohen prozentualen Anteil an 0-Werten keine Summenwerte von 8 und 9. Gruppe B erreichte zwar den höchsten Anteil an 0-Werten, verzeichnete jedoch auch hohe Summenwerte (8 und 9). Gruppe C legte die kleinste Spannweite an Werten vor und charakterisiert sich gleichzeitig durch eine größere Streuung höherer Werte.

Bei Auswertung der kauleistungsbezogenen Fragen in den verschiedenen Gruppen mit unterschiedlicher reduzierter Restbezahlung (vgl. Tbl. 7) war zu erkennen, dass die sich Gruppe OR durch den höchsten Anteil an 0-Werten kennzeichnete (75,0 %). Gruppe BR (66,7 %) und Gruppe NR (65,6 %) hatten einen vergleichbar hohen Anteil an 0-Werten.

Die mittleren Werte 1 - 3 verteilten sich am häufigsten in der Gruppe NR (28,1 %). Gruppe OR (17,6 %) und Gruppe BR (15 %) verzeichneten niedrigere Werte.

In dem Wertebereich 4 - 7 erreichte die Gruppe BR mit 8,4 % den größten Anteil, gefolgt von Gruppe OR (5,9 %) und NR (3,1 %).

Aus Tabelle 7 geht weiterhin hervor, dass die Gruppe BR keine Summenwerte über 7 lieferte. Dem Intervall 8 - 9 konnte ein prozentualer Anteil von 1,5 % in der Gruppe OR und 3,4 % in der Gruppe NR zugeordnet werden.

3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei Betrachtung der Gruppen A - C (A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer) lassen sich folgende Ergebnisse zusammentragen:

- Es lagen statistisch signifikante Unterschiede in Bezug auf Zahn- und Doppelkronen / (DK-) Anzahl in den Gruppen A - C vor. Dabei war die durchschnittliche Anzahl der natürlichen Zähne in der Gruppe B am höchsten, in Gruppe C am niedrigsten.
- Gruppe B wies den höchsten mittleren MEI auf, gefolgt von Gruppe A. Zwischen diesen beiden Gruppen gab es einen statistisch signifikanten Unterschied.
- Bei der Zerkleinerung weicher Fruchtgummi-Proben erzielte Gruppe C einen minimal höheren mittleren MEI als Gruppe A.
- Gruppe B erzielte die höchste Teilchenanzahl sowohl in der mittleren Gesamtanzahl als auch unter Berücksichtigung der Härtegrade.
- Gruppe C zeigte in der mittleren Gesamtteilchenanzahl sowie bei Zerteilung mittelharter Fruchtgummi-Proben geringfügig höhere Werte im Vergleich zu Gruppe A. Dabei wichen diese Werte in der Relation zu Gruppe A marginal voneinander ab.
- Gruppe B wies sowohl insgesamt als auch bei den Flächenwerten der einzelnen Härtegrade die kleinsten Werte auf, während Gruppe A die größten Flächenwerte verzeichnete.
- Weiche Fruchtgummi-Proben ließen sich in den Gruppen A - C im Hinblick auf den MEI sowie der Teilchen- und Flächenanzahl am effektivsten zerteilen, gefolgt von mittleren und harten Fruchtgummi-Proben.

- Ein statistisch signifikanter Unterschied ließ sich in der Gruppe C zwischen rechter und linker Kauseite als auch zwischen rechter Kauseite und beidseitigem Kauen feststellen.

Die Einteilung in reduzierte Restgebissgruppen führte zu folgenden Ergebnissen:

- Die Zahl der Studienteilnehmer in Gruppe BR betrug weniger als derjenigen in den beiden anderen Gruppen.
- Bei Probanden mit einem reduzierten Restgebiss in beiden Kiefern war die Anzahl an Zähnen am niedrigsten, während sie bei Probanden ohne reduziertem Restgebiss am höchsten war.
- In allen RR-Gruppen war die Zahnanzahl im UK jeweils höher als im OK.
- Die Anzahl der DK im OK war in Gruppe NR am größten, gefolgt von Gruppe BR und OR.
- Es gab statistisch signifikante Unterschiede des MEI zwischen der Gruppe NR und der Gruppe BR sowie gegenüber der Gruppe OR.
- Mit Ausnahme der Gruppe OR, in der weiche und mittlere Fruchtgummi-Proben gleich gut zerteilt wurden, zeigte sich auch hier innerhalb jeder Gruppe eine zunehmend geringere Zerteilung mit steigendem Härtegrad.
- Der Gesamtwert der Teilchen war in Gruppe NR am höchsten, gefolgt von Gruppe OR und BR, wobei weiche Fruchtgummi-Proben gruppenübergreifend am stärksten und harte am geringsten zerteilt wurden.
- Die Flächenwerte nahmen ab, je weniger ein RR vorliegt. Dies galt sowohl für den Gesamtwert als auch bei der Aufteilung der Werte in weiche, mittlere und harte Kauproben.
- Innerhalb der Gruppe NR wurden weiche Fruchtgummi-Proben am meisten zerteilt, harte am wenigsten. In Gruppe BR und OR war zu erkennen, dass mittlere Fruchtgummi-Proben besser zerkauen wurden als weiche, harte am schlechtesten.

Nach Auswertung des OHIP-Fragebogens wurden folgende Ergebnisse deutlich:

- Viele der Prothesenträger empfanden beim Verzehr bestimmter Nahrungsmittel Unannehmlichkeiten und gaben häufig Schmerzen im Mundraum an.
- Insgesamt kennzeichnete sich das gesamte Patientenkollektiv durch sehr hohe OHIP-Werte.
- Unter den Gruppen A - C und den RR-Gruppen lagen keine signifikanten Unterschiede vor.
- In Konzentration auf die Fragen, welche sich auf die Kaufunktion beziehen, ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

3.5.1 Beantwortung der Forschungsfragen und zusammenfassende Untersuchung der Hypothesen

In Bezug auf die prothetische Versorgung im Gegenkiefer können Probanden mit einer natürlichen oder festsitzenden Gegenbezahnung eine signifikant bessere Kauleistung aufweisen als solche, die mit Kombi-ZE in beiden Kiefern versorgt sind. Dem hingegen verändert das Tragen einer Totalprothese im Gegenkiefer die Kauleistung nicht signifikant. Sie ist lediglich minimal reduziert.

Aufgrund des statistisch signifikanten Unterschiedes zwischen den MEI-Werten der Gruppen A und B (vgl. Kap. 3.3.1) wird die erste Nullhypothese abgelehnt. Die Annahme, dass die prothetische Versorgung im Gegenkiefer bei Patienten, die mit kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz in einem Kiefer versorgt sind, keinen Einfluss in Bezug auf die Kauleistung hat, kann zurückgewiesen werden.

Um eine Aussage in Bezug auf den Einfluss des Unterstützungsfeldes zu treffen, war die Datenlage zu gering (vgl. Kap. 3.3.2.1).

Ohne das Vorhandensein eines reduzierten Restgebiss können Patienten signifikant besser kauen als bei Vorliegen eines reduzierten Restgebisses in

einem oder beiden Kiefern. Korrelierend dazu ist auch die Abnahme der Zahn- und DK-Anzahl.

Die statistisch signifikanten Unterschiede der MEI-Werte zwischen der Gruppe NR und der Gruppe BR sowie gegenüber der Gruppe OR (vgl. Kap. 3.3.2) widerlegen die Nullhypothese. Die zweite Nullhypothese wird demnach ebenso verworfen. Es wurde angenommen, dass das Vorliegen eines reduzierten Restgebisses, welches mit Kombinationszahnersatz versorgt ist, die Kauleistung nicht signifikant beeinflusst.

Bei Betrachtung der MEI-, Teilchen- und Flächenwerte wurde beobachtet, dass ein ansteigender Härtegrad die Zerteilung der Fruchtgummi-Proben erschwert. Es konnte allerdings kein signifikanter Einfluss auf die Kauleistung bestätigt werden (vgl. Kap. 3.3), sodass die Nullhypothese angenommen wird.

Die prozentuale Verteilung der Teilchenanteile am Gesamttest, gibt Anhalt dafür, dass Totalprothesenträger bei Verwendung beider Kauseiten effektiver Kauen als bei einseitigem Kauen (vgl. Kap. 3.3.1.1).

Weiterhin stützen die Ergebnisse die Annahme, dass die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität mittels OHIP-G14 keinen Zusammenhang mit der ermittelten Kauleistung aufweist, weshalb die Nullhypothese nicht verworfen werden kann. Es lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kauwerten der einzelnen Gruppen und den OHIP-Werten vor (vgl. Kap. 3.4).

Die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität, die sich im Speziellen auf Kaufunktion bezieht, wird weder von der Versorgung im Gegenkiefer beeinflusst noch vom Vorliegen eines reduzierten Restgebisses (vgl. Kap. 3.4). Auch die letzte Nullhypothese wird daher angenommen.

4 Diskussion

Gegenstand dieser Arbeit ist der Vergleich der Kauleistung von Patienten, die in mindestens einem Kiefer mit kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz auf Doppelkronen versorgt sind. Dabei wurde die prothetische Versorgung im Gegenkiefer und das Vorliegen eines reduzierten Restgebisses analysiert. Für diese Erhebung wurde der Kaufunktionstest nach Prof. Slavicek verwendet.

4.1 Diskussion der Methode und Materialien

Die wissenschaftliche Literatur gibt Hinweise darauf, dass der in dieser Untersuchung angewandte Kaufunktionstest nach Prof. Slavicek eine valide Methode zur Erfassung der Kaufunktion darstellt (Slavicek et al., 2009b). Der Test wurde etwa von Schmidt et al. und Weismann et al. zur Untersuchung von jüngeren Probanden in einem Alter zwischen 7 und 21 Jahren durchgeführt. Dabei befand sich das Patientenkollektiv in kieferorthopädischer Behandlung und wies zum Teil kraniofaziale Fehlbildungen auf (Schmidt et al., 2023, Weismann et al., 2024). Daraus ergibt sich für die vorliegende Arbeit die Möglichkeit, erhobene Werte einordnen zu können.

Bei der klinischen Anwendung im Rahmen dieser Studie erwies sich der Kaufunktionstest nach Prof. Slavicek bei einfacher Durchführbarkeit als effektives Screening-Instrument. Darüber hinaus ermöglichte der Test im Vergleich zu anderen Kauffunktionstests, die in der Literatur beschrieben worden sind, detailliertere Aussagen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der jeweiligen Kauseiten sowie der Zerteilungsfähigkeit nach Härtegraden der technisch hergestellten Fruchtgummi-Proben. Aufgrund dessen ist er besonders für Forschungszwecke geeignet.

Dahingegen ist anzumerken, dass diese Methode nicht die möglichen Ursachen für die Kauleistungsergebnisse aufzeigt. Weiterhin ist bei der Auswertung der Härtegrade zu bedenken, dass es bei Belastung der (Kau-) Muskulatur zu einem Kraftverlust durch Ermüdung der Muskulatur kommt (Kent-Braun et al.,

2012). Durch eine Randomisierung der Reihenfolge anstatt einer festgelegten Abfolge des Kauens von Fruchtgummi-Proben könnte der Einfluss des Ermüdungseffektes reduziert werden. Messungen würden dadurch zuverlässiger und vergleichbarer.

Durch die fortschreitende Digitalisierung im Verlauf der Studie und der nachfolgenden Implementierung der Fotobox wurde die Datenerhebung wesentlich präziser, effizienter und benutzerfreundlicher. Sie stellte sicher, dass einzelne Aufnahmen im Gegensatz zum Fotografieren mit der Digitalkamera nicht mehr ausgelassen werden konnten. Ein direkter Vergleich der Kauproben ist trotz unterschiedlicher Fotoboxen nach Rücksprache mit der Firma Orehab Minds möglich gewesen.

Ein Vergleich unterschiedlicher Kaufunktionstests wird in der Literatur als kritisch angesehen. Bereits 1985 stellte Gunne zwei verschiedene Testverfahren gegenüber. Dabei gab es keine oder nur eine geringe Korrelation zwischen den beiden angewandten Erhebungsmethoden, was darauf hindeutete, dass die Verfahren jeweils unterschiedliche Aspekte der Kauleistung erfasst hatten. In seiner Studie, die sich aufgrund der inhärenten Funktionslogik mit der hier vorliegenden Arbeit vergleichen lässt, wurden für den ersten Kaufunktionstest Gelatinewürfeln gekaut und die Kauleistung anhand der Flächenberechnung durch Farbstoffdiffusion ermittelt. Zum anderen wurden Mandeln zerkaut und mittels der Siebmethode ausgewertet. Gunne kam zu dem Ergebnis, dass bei Bewertung der Auswirkungen einer prothetischen Behandlung auf die Kauleistung mehr als nur eine Methode angewandt werden sollte, da unterschiedliche Qualitäten erforderlich sind, um beispielsweise Gelatinestücke und harte brüchige Nahrung zu kauen. Zudem beobachtete er eine hohe individuelle Variation der Auswertungsergebnisse. Als Begründung führte er die Vielzahl an Einflussfaktoren an, von denen die Kaufunktion abhängig ist (Gunne, 1985). Auch die Untersuchung von Krysiński et al. ergab, dass sich unterschiedliche Methoden hinsichtlich der Ermittlung der Kauleistung nicht miteinander vergleichen lassen (Krysiński et al., 1981), und stützt damit Gunnes Aussage.

Bei einem zukünftigen Vergleich der vorliegenden Studienergebnisse mittels anderer Methoden erhobenen Kauleistungsergebnissen, ist diese Tatsache dahingehend zu berücksichtigen.

Der Fragebogen der multizentrischen Studien-Dokumentation war sehr umfassend konzipiert. Zur Charakterisierung der Studienkohorte wurden allerdings nur wenige Variablen herangezogen. Die Gestaltung des Fragebogens wies vor allem die im folgenden genannten Fehlerquellen auf, welche die Zuverlässigkeit der Datenerhebung beeinträchtigt, und zu möglichen Fehlern geführt haben könnte.

Durch eine umgekehrte Erhebungsreihenfolge der zahnbezogenen Befunde, bei der zunächst die Befunde für den vierten und danach für den dritten Quadranten dokumentiert wurden, könnten bei Unachtsamkeit Datenfehler entstanden sein. Bei der Eingabe der Daten war an dieser Stelle ebenso besondere Aufmerksamkeit gefordert.

Da ein Teil der Datenerhebung durch Studierende vorgenommen wurde, kam es - trotz Supervision - in einigen Fällen zu einer ungenauen oder unvollständigen Dokumentation in den Fragebögen. Einige Patienten gaben beispielsweise an Medikamente einzunehmen, wiesen jedoch keine entsprechenden Erkrankungen auf. Diese Diskrepanz wurde von den Studierenden nicht hinterfragt, obwohl sie auf potenzielle Unstimmigkeiten in den Angaben hinweist. Lag ein Verdacht auf inkonsistente Aussagen vor, wurden diese von der Autorin mittels der Patientenakte abgeglichen und korrigiert. Eine unmittelbare Überprüfung der Fragebögen auf Vollständigkeit direkt am Behandlungsstuhl hätte das Risiko unvollständiger Daten minimieren können. Für eine zukünftige Zusammenarbeit mit den Studierenden wird daher empfohlen, eine Gegenzeichnung durchzuführen.

Der gelieferte Datensatz der Firma Orehab Minds erlaubte keine Auswertung der Kauleistung, die den Bezug der Kauseite zum Härtegrad untersucht.

Ebenso war bei dem gelieferten Datensatz festzustellen, dass die Summe der Flächenwerte des rechts, links und beidseitigen Kauens sich nicht zu dem Gesamtflächenwert aufsummieren lassen. Gleiches galt bei der Aufteilung in weich, mittel und harte Kauproben.

4.1.1 Diskussion des MEI

In der Literatur wurde bereits die Entwicklung eines Indexes zur Bewertung der Kaufähigkeit beschrieben (Limpuangthip et al., 2022). Die Kombination der Messgrößen ergibt einen einfach interpretierbaren Wert und normiert die Messgrößen. Eine Logarithmierung kann zur Stabilisierung der Werte eingesetzt werden, gleichzeitig sind die Rohdaten (Teilchenanzahl und Flächenwerte) hingegen intuitiver und weniger abstrakt. Der MEI folgt dem Ansatz von Weissmann et al. und gibt einen direkten Zusammenhang zwischen der Kauleistung und dem MEI des Patienten wieder (Weissmann et al., 2024). Dabei entspricht eine gute Kauleistung einem hohen MEI. Die Nutzung des MEI ermöglicht zugleich die Einordnung der in der vorliegenden Arbeit erhaltenen Ergebnisse, in die Ergebnisse von Schmidt et al. und Weissmann et al.

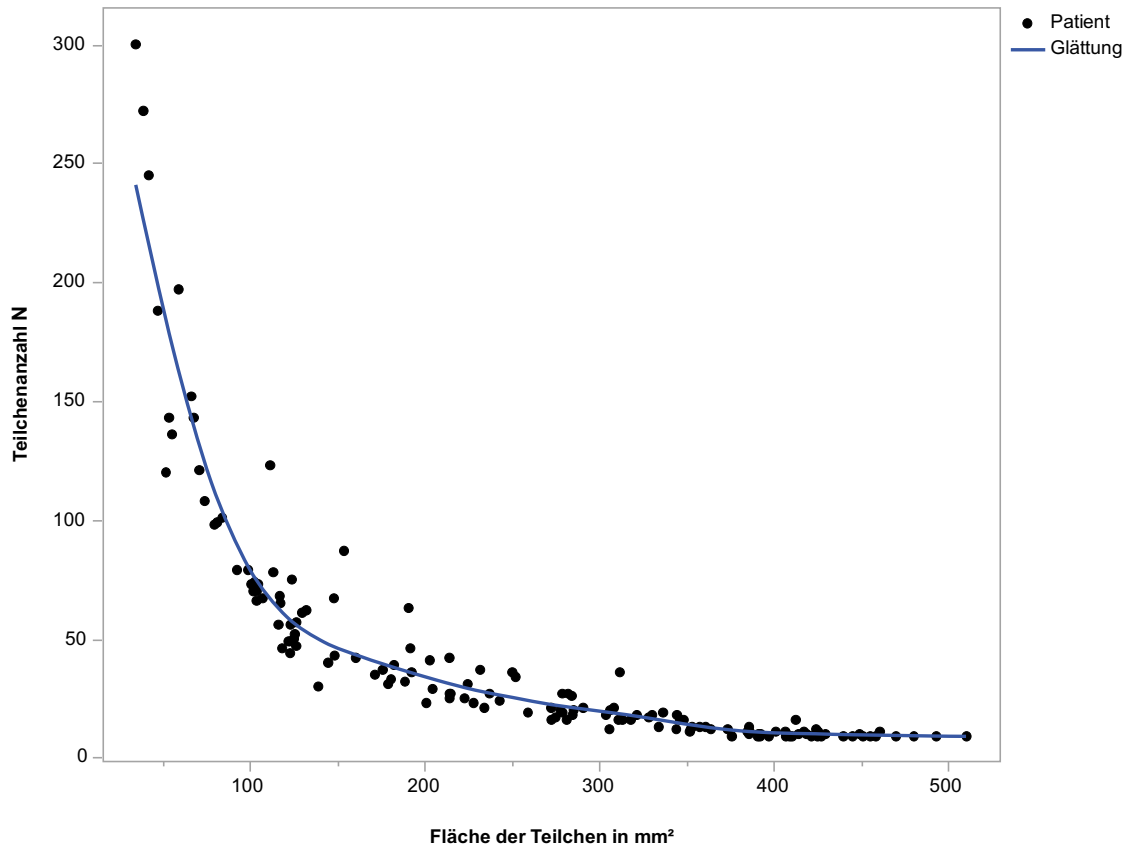


Abbildung 23: Streudiagramm mit Glättungskurve. Es zeigt die erfasste Gesamtfläche aller produzierten Teilchen (mm^2 , x-Achse) im Verhältnis zur Gesamtteilchenanzahl (N, y-Achse) aller 9 Kauzyklen je Patient. Jeder Datenpunkt stellt einen Patienten dar (N = 156). Mit fallender Teilchenanzahl steigt der Flächenwert.

Der in Abbildung 19 dargestellte Zusammenhang von Teilchenanzahl und ermittelter Fläche der Teilchen findet sich vergleichbar in der Arbeit von Schmidt et al. wieder (Schmidt et al., 2023). Je größer die Anzahl der Partikel, umso kleiner wird die Fläche (s. Abb. 19). Die Verteilung zeigt, dass viele Probanden eine Teilchenanzahl von < 50 erreichten, was für eine geringe Differenzierung der Ergebnisse spricht. Insgesamt stellen sich die Ergebnisse der im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten als wenig differenziert dar, was auf ein mögliches Diskriminationsproblem von Patienten mit schwacher Kauleistung zurückzuführen sein könnte. Wie bereits erwähnt, kann der Kaufunktionstest nach Prof. Slavicek letztlich nicht die kausalen Faktoren für die Untersuchungsergebnisse abbilden.

Weiterhin gilt es, den Terminus „Masticatory efficiency index“ zu diskutieren. Das englische Wort „efficiency“ kann als „Effizienz“ oder als „Leistung“ übersetzt werden, was vor allem in Bezug auf die Literatur zu Übersetzungs- und Verständnisfehlern führen kann. Die Verwendung der Begrifflichkeiten „Kauleistung“ und „Kaueffizienz“ für die Beschreibung der MEI-Werte der präsentierten Studie muss daher reflektiert werden. Im vorliegenden Kontext werden die Ergebnisse als „Kauleistung“ beschrieben, da „Leistung“ als Arbeit verstanden wird, die in einer bestimmten Zeit verrichtet wird (Grissmer, 2010). Dies entspricht der Anweisung an die Probanden, die Fruchtgummi-Proben in einer vorgegebenen Zeit in so viele Teile wie möglich zu zerteilen und somit ihre maximale Kauleistung zu erbringen. Der „MEI“ kann in diesem Kontext dementsprechend als „Kauleistungsindex“ ins Deutsche übersetzt werden.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen der Diskussion der Ergebnisse werden zentrale Einflussfaktoren auf die Kauleistung analysiert. Bestehende Daten aus externen Studien werden als Referenzwerte herangezogen und die Ergebnisse des OHIP-Fragebogens interpretiert.

4.2.1 Einflussfaktoren auf die Kauleistung

In der vorliegenden Studie ist der Anteil an Frauen und Männern ausgeglichen, weshalb sich die Ergebnisse auf eine gemischte Studienpopulation übertragen lassen. Die Kauleistung wurde hierbei zwar nicht geschlechterspezifisch untersucht, allerdings ist aus der Literatur bekannt, dass das Geschlecht Einfluss auf die Kauleistung nimmt (Shiga et al., 2012, Slavicek, 2020). Während bei Frauen die Dauer des Kauzyklus länger ist (Salsench et al., 2005, Peyron et al., 2004), kauen Männer schneller, nehmen größere Bissen und weisen eine größere Kaukraft auf (Park and Shin, 2015). Sie kauen somit effizienter als Frauen (Akeel et al., 1992).

Im Zuge dieser Forschungsarbeit ist bezogen auf die Untersuchung der Konsistenz der Testnahrung zu erkennen, dass durch die Zunahme der Flächenwerte bzw. Abnahme der Teilchenanzahl und des MEI die

Fruchtgummi-Proben mit steigendem Härtegrad meist schlechter zerteilt werden konnten (vgl. Kap. 3.3). Ähnliche Ergebnisse abnehmender Kauleistung bei zunehmendem Härtegrad wurden bereits festgestellt (Schmidt et al., 2023). In früheren Studien konnte gezeigt werden, dass das Kauen harter Nahrung nicht nur mehr Zeit sondern auch mehr Kauzyklen erfordert als das Zerteilen weicher Lebensmittel (van der Bilt, 2011) und dass daraus veränderte Bewegungsmuster resultieren (Slavicek et al., 2009a). Ebenso beobachteten Peyron et al., dass das Zerteilen harter Lebensmittel zu Beginn der Kausequenz längere Kauzyklen und größere vertikale Bewegungen erfordert und die Öffnungs- und Schließphase mehr Zeit bedarf (Peyron et al., 2004). Auch fordern härtere Lebensmittel eine längere Muskelkontraktionszeit zur Zerkleinerung, die parallel mit der Zunahme des Härtegrades ansteigt (Shiau et al., 1999). Demzufolge wird deutlich, dass die Beschaffenheit der Nahrung die Kauleistung maßgeblich moduliert.

Bezüglich der Kauseite sprechen die gewonnenen Ergebnisse dafür, dass vor allem Totalprothesenträger bei beidseitigem Kauen besser performen, als beim Kauen auf nur einer Seite (vgl. Kap. 3.3.1.1). Auch Rovira-Lastra et al. kamen zu dem Ergebnis, dass junge Patienten mit natürlicher Bezahnung bei beidseitigem Kauen ebenfalls besser abschneiden als diejenigen, die lediglich eine Kauseite verwendeten. Zudem geht aus referierter Studie hervor, dass die bevorzugte Kauseite mit einer erhöhten mastikatorischen Leistungsfähigkeit einhergeht. Ein Vergleich zum freien Kauen zeigte, dass die Verwendung von nur einer Kauseite sich nicht unbedingt als ineffizienter erwies (Rovira-Lastra et al., 2014). Anhand dessen kann festgehalten werden, dass auch die Kauseite die Kauleistung mitbestimmt.

Bei Verfolgung der Untersuchungsfrage, inwieweit die prothetische Versorgung im Gegenkiefer die Kauleistung prägt, wurden die Gruppen A - C miteinander verglichen (Gruppe A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, Gruppe B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, Gruppe C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer).

Dabei wurde ersichtlich, dass die Probanden der Gruppe B die beste Kaufunktion besitzen, gefolgt von den Gruppen A und C. Der MEI wies dabei lediglich einen geringen Unterschied zwischen den Gruppen A und C auf (vgl. Kap. 3.3.1). Dies lässt den Schluss zu, dass Probanden mit einer natürlichen oder festsitzenden Gegenbezahnung über eine bessere Kauleistung verfügen als solche, die mit einem Kombi-ZE in beiden Kiefern versorgt sind. Außerdem kann daraus geschlossen werden, dass Patienten mit herausnehmbarem Zahnersatz in beiden Kiefern leistungsfähiger kauen als diejenigen, die nur eine Prothese tragen.

Hinsichtlich der Forschungsfrage, inwieweit das reduzierte Restgebiss eine Rolle spielt, ist aus den Ergebnissen abzuleiten, dass Patienten ohne reduziertes Restgebiss signifikant besser kauen als bei Vorliegen eines reduzierten Restgebisses in einem oder beiden Kiefern (vgl. Kap. 3.3.2).

Da sich die Gruppen A - C und die RR-Gruppen hinsichtlich der Gruppengröße, der Zahn- und Doppelkronenanzahl, der mittleren Tragedauer, sowie der prothetischen Versorgung differenzieren, könnten diese Parameter eine Begründung für die unterschiedlichen Ergebnisse in der Kauleistung liefern und werden daher nun näher beleuchtet.

Trotz einer insgesamt hohen Kohortenzahl, kam es bei Aufteilung zu unausgeglichene Gruppengrößen. So ist zu berücksichtigen, dass in Gruppe C und in Gruppe BR weniger Patienten im Vergleich zu den jeweiligen Vergleichsgruppen A und B, respektive NR und OR eingeschlossen waren. Betrachtet man das Verhältnis zwischen der Gruppe A und C, lässt sich feststellen, dass es trotz höherer Zahn- und DK-Anzahl in Gruppe A zu marginalen Abweichungen im Vergleich zu Gruppe C kam, letztere teilweise sogar besser abschnitt. Bei diesen Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass sich in Gruppe A 7-Mal mehr Probanden befanden als in Gruppe C (vgl. Tbl. 8 und 9). Da insgesamt nur einer von 15 Probanden mit einer Totalprothese versorgt war, könnte die Erklärung in der abweichenden Gruppengröße liegen.

Tabelle 8, in der die Anzahl der Zähne im Kiefer sowie die Anzahl der Pfeilerzähne dargestellt sind, verdeutlicht, dass die Probanden in Gruppe B im

Vergleich zu Gruppe A eine geringere Anzahl an Doppelkronen besaßen, jedoch eine bessere Kauleistung aufzeigten. Bei ausgeglichener Patientenzahl war ein signifikant besseres Kauergebnis zwischen Gruppe B und A in Bezug auf den MEI zu verzeichnen. Daher rückt in dem Fall die Anzahl der Pfeilerzähne in den Fokus, um abweichende Kauergebnisse zu erklären.

In Gruppe B ist die Anzahl der Zähne im Kiefer deutlich höher als die Zahl der Pfeilerzähne, die zur Prothesenretention dienen. Daraus ergibt sich, dass bei einem Lückengebiss in beiden Kiefern und der Intention, Kombi-ZE in beiden Kiefern anzufertigen (Gruppe A), mehr Zähne zur Sicherung der Prothesenstabilität verwendet werden als im Fall eines Gebisses mit festsitzendem Zahnersatz. Gleiches trifft für die Versorgung eines Kiefers zu, der als Gegenabstützung eine Totalprothese aufweist (Gruppe C). Ein Erklärungsansatz könnte in der Möglichkeit zur Okklusionskorrektur bzw. -optimierung und Anpassung liegen, bei der alle verbleibenden Zähne in die prothetische Planung zu integrieren sind.

Es tritt hervor, dass ist die Abnahme der Zahn- und DK-Anzahl zum Vorliegen eines reduzierten Restgebisses korreliert. Eine Ausnahme bestand zwischen der Gruppe BR und OR. Die Gruppe BR wies einen geringfügig höheren Durchschnittswert an DK im OK auf als die Gruppe OR. Die Abweichung ist allerdings nicht signifikant und könnte durch die unausgeglichene Patientenverteilung bedingt sein.

In allen RR-Gruppen war die Zahnanzahl im UK jeweils minimal höher als im OK. Diese Verteilung kann durch eine Studie von Marcus et al. untermauert werden. In Ihrer Studie wurde diese Diskrepanz zwischen der Zahnanzahl im OK und UK ebenso beschrieben (Marcus et al., 1996). Zudem tritt eine vollständige Zahnlosigkeit öfters im OK als im UK auf (Wöstmann et al., 2025), wie es in der vorliegenden Studie ebenfalls der Fall war. Während in Deutschland jüngere Senioren im Allgemeinen durchschnittlich 8,6 Zähne aufweisen (Samietz et al., 2025), ist bei einem zukünftigen Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien zu beachten, dass bei den Teilnehmern dieser Studie eine im Durchschnitt höhere Zahnanzahl (N = 15) vorlag.

In der Literatur ist bekannt, dass die Kauleistung durch den Zahnverlust abnimmt (Carlsson, 1984). Durch Abnahme der okkludierenden Zahnpaare kann die Anzahl der Kauzyklen, das Schlucken und die Dauer des Kauens zunehmen (Helkimo et al., 1978). Bourdiol und Mioche beobachteten ebenfalls eine höhere Anzahl an Kauzyklen bei Zahnverlust, da weniger für die Nahrungszerkleinerung bedeutsamen okkludierenden okklusalen und funktionellen Flächen vorliegen (Bourdiol and Mioche, 2000).

Durch das Vorhandensein von natürlichen Pfeilerzähnen, wird weiterhin in der Arbeit von Rissin et al. der Erhalt der parodontalen Propriozeption betont, wodurch eine „höhere Wahrnehmung von interokklusaler Dicke“ und ein „erhöhtes Bewusstsein für die maxillomandibuläre Beziehung“ vorliegen. Außerdem erklären Rissin et al. die Unterschiede der Kauleistung zwischen den Gruppen in ihrer Studie mit einer verbesserten Prothesenabstützung, die auf eine geringere Alveolarkammresorption infolge erhaltener Restzähne zurückzuführen ist (Rissin et al., 1978).

Bei Prothesen auf reduzierten Restgebissen, die auf vier oder weniger Pfeilern abgestützt sind, kommt der Prothesenhalt aufgrund einer größeren Auflagefläche auf der Schleimhaut zu einem großen Teil durch Adhäsionskräfte und Unterdruck zustande. Auch diese Tatsache könnte zu einem reduzierten Halt und einer instabileren Prothesenlage während des Kauens führen. Weiterhin kann gefolgert werden, dass sich Resorptionsprozesse des Alveolarfortsatzes umso stärker auf die Passung der Prothese auswirken, je größer ihre Auflagefläche ist, wodurch es zu vermehrten Bewegungen der Prothese kommen kann.

Darüber hinaus gilt unabhängig von der Anzahl der Pfeilerzähne, dass eine prothetische Versorgung an sich die haptische Empfindsamkeit herabgesetzt (González-Gil et al., 2022c, González-Gil et al., 2022b), was wiederum zu einer geminderten Kaufunktion führt (González-Gil et al., 2022a). In der bereits aufgeführten Studie von Gunne et al. erreichte die Gruppe, die im OK mit einer Totalprothese und im UK mit einer herausnehmbaren Teilprothese versorgt war, 80-83 % der Kauleistung von Personen, die ein natürliches Gebiss aufwiesen.

Gunne stellte gleichzeitig fest, dass Teilprothesenträger die verringerte Kauleistung durch längeres Kauen kompensieren konnten (Gunne, 1985).

Darüber hinaus wird aus Studien deutlich, dass nicht nur die Anzahl, sondern auch die Anordnung verbliebener Zähne Einfluss auf die maximale Beißkraft und die Kaufunktion ausübt. Durch Schimmel et al. wurde gezeigt, dass bei Probanden mit einer Kennedy Klasse I sowohl die Kauleistung als auch die maximale Beißkraft vermindert ist (Schimmel et al., 2017). Deshalb wurde in der vorliegenden Studie das Unterstützungsfeld der Prothese in den Blick genommen.

Die vorliegende Vergleichsanalyse von Studienteilnehmern der Gruppe B, die ein reduziertes Restgebiss besaßen, lässt vermuten, dass die Kauleistung von Probanden mit horizontaler und punktueller Abstützung schlechter ist, als bei denjenigen mit quadrangulärer, triangulärer oder diagonalen Abstützung. Die MEI-Mittelwerte von Probanden mit horizontaler und punktueller Abstützung fallen wie im Ergebnisteil dargestellt kleiner aus, als im Falle einer quadrangulären, triangulären oder diagonalen Abstützung (vgl. Kap. 3.3.2.1). Diese Aussage zum Einfluss des Unterstützungsfeldes auf die Kauleistung, ist allerdings aufgrund der geringen Datenlage in dieser Studie limitiert.

Die Diskussion dieses Themas in der Fachliteratur, bestätigt allerdings die Tendenz der Ergebnisse dieser Studie.

Werden Prothesen jenseits Ihres parodontalen Unterstützungsfeldes belastet, wie es zum Beispiel beim Abbeißen oder Kauen der Fall ist, können Prothesenbewegungen hervorgerufen werden (Strub et al., 2011). Caloss et al. fanden heraus, dass durch Protheseninstabilität weniger Kaukraft aufgebracht werden kann (Caloss et al., 2011). Auch Rissin et al. gaben unter anderem die Stabilität als Grund für die bessere Kauleistung von Probanden an, die mit Overdentureprothesen versorgt waren im Vergleich zu der Gruppe, die Totalprothesen trugen. Aus der Arbeit von Wagner und Kern geht hervor, dass die Retention von einer linearen über eine triangulären bis hin zu einer quadrangulären Abstützung zunahm (Wagner and Kern, 2000). Naka et al. verglichen in ihrem Review 18 Studien und fanden heraus, dass neben der

Anzahl der verbleibenden Zähne, die strategische Pfeilerverteilung einen erheblichen Einfluss auf die Bewertung der eigenen Kaufähigkeit nahm (Naka et al., 2014). Auch erhöht sie die Patientenzufriedenheit und sorgt für eine stabilere Lage und Langlebigkeit der Prothese (Hey and Schweyen, 2020). Auch Hinz et al. betonen, dass die Pfeilerverteilung signifikanten Einfluss auf die Überlebensrate der Prothese und Pfeilerzähne nimmt (Hinz et al., 2023).

Beim Tragen von zwei Prothesen können Dynamiken demnach in beiden Kiefern auftreten und dieser Effekt größeren Einfluss auf die Kauleistung nehmen als beim Tragen von nur einer Prothese.

Um die negativen Auswirkungen einer reduzierten Zahnanzahl und eines geringen Untersützungsfeldes zu minimieren, können Implantate zu einer Verbesserung der Retention und Stabilität beitragen.

Kern et al. untersuchten 39 Patienten mit rein implantat- oder implantat- und zahngetragenen Zahnersatz innerhalb eines Beobachtungszeitraumes von $11,3 \pm 11,1$ Jahren. Die Überlebensrate der Implantate war dabei signifikant höher als die der Zähne. Insgesamt wurde die Versorgung als langlebige und zufriedenstellende Behandlungsoption für Patienten mit einem stark reduzierten Restgebiss beurteilt (Kern et al., 2019). In Bezug auf Totalprothesen konnte gezeigt werden, dass eine Implantatunterstützung die Beißkraft und die Kaufunktion verbessern konnten (Müller et al., 2012). In einer weiteren Studie erhöhte die Versorgung mit Implantaten neben der Beißkraft auch die Kauleistung und die Patientenzufriedenheit (van der Bilt, 2011).

Bousiou et al. bestätigten mit einer ähnlichen Studie, die ebenfalls die Kauleistung bei Älteren untersuchte, die oben genannten Erkenntnisse, dass eine verringerte Zahnanzahl, Zahnlosigkeit und das Tragen von Totalprothesen mit einer schlechten Kauleistung einhergehen. Daher weist er darauf hin, dass der Erhalt der natürlichen Bezahnung maßgebend für die Kaufunktion ist. Darüber hinaus betonen genannte Autoren eine erhöhte Zahnmobilität und das

Vorliegen einer Parodontitis als weitere wesentliche Einflussfaktoren auf die Kauleitung (Bousiou et al., 2022).

Der parodontale Status der Patienten wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt, scheint aber in der Literatur ein erheblicher Einflussfaktor auf die Kaufunktion zu haben. So berichten auch Lamba et al. von einer verringerten Muskelfunktion des Musculus masseter und des Musculus temporalis, die elektromyografisch erfasst wurde, bei parodontal chronisch Erkrankten im Vergleich zu parodontal Gesunden (Lamba et al., 2020).

Demzufolge sollte bei der Verfolgung des Ziels die Kaufunktion zu verbessern, auch eine Parodontitis-Therapie bei auffälligen Befunden integriert werden, um einer Abnahme der Beißkraft entgegenzuwirken.

Weiterhin wurden auch die okklusalen Strukturen in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Slavicek allerdings zeigte, bei Anwendung des gleichen Kaufunktionstests, dass unterschiedliche okklusale Qualitäten einen funktionellen Einfluss auf das Kaumuster ausüben. Ebenso wurde beobachtet, dass nichtanatomische Zähne die Kauleistung herabsetzen (Mousa et al., 2017, Silva et al., 2025). Auch eine unzureichend eingeschliffene statische und dynamische Okklusion kann sich auf die Passung, die Funktion und den Tragekomfort der Prothese auswirken (Strub et al., 2011), was wiederum die Stabilität negativ beeinflusst.

In der vorliegenden Studie wurde zudem der Sanierungsbedarf der Prothesen untersucht. 90,9 % der Prothesen (n = 240) befanden sich in einem mangelfreien Zustand mit sehr guter Qualität. Ein Vergleich zur bundesweiten Querschnittsstudie in Deutschland aus den Jahren 2022 / 2023 zeigt, dass der Zustand der insgesamt 162 bewerteten kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Prothesen bei jüngeren Senioren (65- bis 74-Jahre) deutlich schlechter war; bundesweit lag der Anteil mangelfreier Prothesen bei nur 40,3 % (Wöstmann et al., 2025). Wöstmann et al. fanden bereits heraus, dass eine Erneuerung oder die Reparatur bedürftiger Prothesen die Kaufähigkeit (chewing

ability) verbessern kann, während das Ernährungsverhalten davon unbeeinflusst bleibt (Wöstmann et al., 2008).

Als Fazit ist zusammenfassend festzuhalten, dass sich das Geschlecht, die Nahrungskonsistenz, die funktionelle Kauseite sowie die Zahnanzahl und -verteilung als Einflussfaktoren auf die Kauleistung erweisen. Allerdings ist eine eindeutig zutreffende Aussage über die Gewichtung der einzelnen Faktoren und den Einfluss der prothetischen Versorgung an sich, auf die Kaufunktion bzw. -leistung schwierig. Multiple weitere Einflussfaktoren wie unter anderem Resorptionsprozesse, das okklusale Relief, der parodontale Zustand, der Sanierungsbedarf der Prothese, Allgemeinerkrankungen des Patienten, das Vorliegen einer Craniomandibulären Dysfunktion, die Pfeileranzahl und -verteilung, das Alter des Zahnersatzes oder das Patientenalter wirken auf die Kaufunktion ein. Als Limitation ist daher anzusehen, dass die Gewichtung der Faktoren mit vorliegender Methode nicht herausgearbeitet werden kann.

Ein Vergleich der Kauleistungen verschiedener Patientengruppen ist allerdings möglich. Dafür ist es zunächst wichtig, zu definieren, was als „gute“ bzw. „schlechte“ Kauleistung angesehen werden kann. Bei der Anwendung dieses Tests in der vorliegenden Studie zur Beurteilung der Kaufunktion von Patienten mit Kombi-ZE müssen daher Referenzwerte aus anderen Quellen herangezogen werden, um die allgemeine Kauqualität zu bewerten. Studien, die nicht explizit die Art der prothetischen Versorgung in Bezug auf die Kaufunktion untersuchten, können als Kontrollgruppe von „gesunden“ Probanden herangezogen werden.

4.2.1.1 Referenzkauwerte und Einordnung gewonnener Daten

Professor Slavicek veröffentlichte 2020 altersabhängige Referenzwerte für seinen Kauffunktionstest. Er schloss dabei allerdings ausschließlich Patienten mit weitgehend natürlicher Bezahnung, minimalen Füllungen sowie festsitzenden Kronen, Brücken und Implantaten ein (n = 851).

Die Altersgruppe der 65- bis 74-Jährigen (n = 131) erreichte dabei eine durchschnittliche Teilchenanzahl von $N = 77$ und einen Flächenwert von $\text{mm}^2 = 172,34$ (Slavicek, 2020). Daraus lässt sich ein MEI von $0,45 \text{ Np/mm}^2$ errechnen.

Im Vergleich schafften es junge Menschen im Alter zwischen 18 und 24 ($n = 124$) eine durchschnittliche Teilchenanzahl von $N = 172$ und einen Flächenwert von $\text{mm}^2 = 74,46$ zu erzielen (Slavicek, 2020). Der sich daraus ergebende MEI liegt bei $2,31 \text{ Np/mm}^2$.

Beim Vergleich der Probanden der vorliegenden Arbeit ($n = 156$, $\text{MEI} = 0,16 \text{ Np/mm}^2$), mit denen aus der Untersuchung von Slavicek et al. lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Innerhalb derselben Altersgruppe ist bei prothesentragenden Patienten dieser Studie ($n = 156$, $N = 41$) im Vergleich zu Patienten mit weitgehend natürlicher Bezahnung, minimalen Füllungen sowie festsitzenden Kronen, Brücken oder Implantaten ($n = 131$, $N = 77$) aus der Studie von Slavicek et. al, die Kauleistung in Bezug auf die Teilchenanzahl um $46,7\%$ reduziert.
- Beim Tragen einer Prothese auf Doppelkronen in beiden Kiefern ($n = 77$, $N = 30,0$) oder in einem Kiefer und eine Totalprothese im Gegenkiefer ($n = 11$, $N = 31$) ist die Kauleistung in Relation zu den Studienteilnehmern aus der Publikation von Slavicek ($n = 131$, $N = 77$) um mehr als die Hälfte reduziert.
- Im Vergleich zu jungen Menschen im Alter zwischen 18 und 24 ($n = 124$, $N = 172$), ist die Kauleistung der Probanden dieser Studie ($n = 156$, $N = 41$) um mehr als die Hälfte (um 56% bezogen auf die durchschnittliche Teilchenanzahl) reduziert.

Anhand der Studie von Weismann et al. kann bei Patienten im Alter zwischen 7 und 21, bei einem Durchschnittsalter von $14,2$ Jahren ($n = 77$) ein MEI von $1,5 \text{ Np/mm}^2$ errechnet werden. Zu berücksichtigen ist dabei, dass sich die Probanden in kieferorthopädischer Behandlung befanden (Weismann et al., 2024).

- Im direkten Vergleich mit der vorliegender Studienpopulation ($\text{MEI} = 0,16 \text{ Np/mm}^2$) zeigten jüngere Probanden in der Altersgruppe 7 bis 21 ($\text{MEI} = 1,5 \text{ Np/mm}^2$) aus der Arbeit von Weismann et al. eine deutlich bessere Kauleistung.

Diese Vergleiche stützen die Aussage, dass mit zunehmendem Alter die Kaufunktion abnimmt (Akeel et al., 1992, Slavicek, 2020). Auf Grundlage dieser Erkenntnisse befasst sich der nächste Abschnitt mit dem Einfluss des Alterns auf die Kaufunktion.

Die altersbedingte Atrophie der Muskeln führt zu einer verminderten Dehnbarkeit, einer erhöhten Steife und einer höheren Spannung (Alev et al., 2018), was die verringerte Kaufunktion im höheren Lebensalter erklären lässt (Kim, 2021). Mit fortschreitendem Alter nimmt auch die Anzahl der Kauzyklen zu, die zum Kauen eines standardisierten Nahrungsstückes erforderlich sind. Die Fähigkeit zur Anpassung an eine veränderte Nahrungshärte bleibt dabei allerdings erhalten (Peyron et al., 2004). Ferner erhöht sich im Verlauf des Alterns die Zeit, die benötigt wird, um die gleiche Partikelgröße zu erzielen. Eine jährliche Zunahme um 0,3 Kauzyklen erhöht die Dauer der Kausequenz. Ein 75-Jähriger benötigt circa doppelt so viele Kauzyklen wie ein 25-Jähriger (Peyron et al., 2004).

Die Tatsache, dass in der vorliegenden Arbeit die Zeit als limitierender Faktor der Kausequenz vorlag, resultierte in einer verringerten Partikelanzahl.

Slavicek rechnet mit einer Abnahme der Partikelanzahl um ca. der 15 % alle 10 Jahre, wobei ab einem Alter von 50 Jahren kein linearer Rückgang aufgrund von Einflüssen wie Zahnverlust oder prothetische Rehabilitation zu verzeichnen ist (Slavicek, 2020).

4.2.2 OHIP-G14

Das Oral Health Impact Profile ist ein etabliertes Instrument zur Erfassung der subjektiven Beeinträchtigung der Lebensqualität im Zusammenhang mit der Mundgesundheit (John and Micheelis, 2003). Der Fragebogen war im Rahmen der vorliegenden Studie schnell und einfach durchzuführen und ermöglicht eine Erfassung der gegenwärtigen Selbsteinschätzung. John et al. beschrieben ihn ebenfalls als kompaktes Kurzinstrument, welches auch zur Beurteilung des

Behandlungserfolges herangezogen werden kann (John et al., 2004, Ali et al., 2019).

Zur Orientierung an der Allgemeinbevölkerung veröffentlichten John et al. Normwerte für den OHIP-G14. 90 % der insgesamt 389 befragten Personen, die mit herausnehmbarem Zahnersatz versorgt waren, wiesen dabei einen Summenwert ≤ 17 auf (John et al., 2004).

Mit einem Mittelwert von 3,3 liegen die Teilnehmer dieser Studie unterhalb dieses Referenzwertes. Die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität der in dieser Studie eingeschlossenen Population ist somit sehr hoch. Auch bei einer deutlich reduzierten Kauleistung im Vergleich zu Patienten mit natürlicher Bezahnung, wie im Kapitel zuvor deutlich wurde, haben dennoch 150 Teilnehmer dieser Studie (92 %) angegeben, zufrieden mit ihrer Ernährung zu sein (vgl. Kap. 3.4).

Der durchschnittliche Summenwert der Fragen, die sich auf die Kaufunktion beziehen, war in Bezug auf den Referenzwert ebenfalls hoch (0,27). Die Probanden gaben demnach an, „nie“ bis „kaum“ Einschränkungen beim Kauen zu empfinden (vgl. Kap. 3.4).

Die Begründung für dieses Phänomen liefert die in der Literatur beschriebenen Theorie über das Paradoxon des Alterns. Dabei kommt es dazu, dass sich die subjektiv bewertete gesundheitliche Verfassung verbessert, trotz gleichzeitiger Zunahme des Krankheitsstatus. Ab einem Alter von 80 Jahren wurde beobachtet, dass der Krankheitszustand sogar unterschätzt worden war (Henchoz et al., 2008). Dieser als „Underreporting“ (Schlenz et al., 2023) bezeichnete Sachverhalt kann dazu führen, dass Probleme auch in Bezug auf den Zahnersatz verspätet oder allgemein nicht entdeckt und folglich nicht therapiert werden (Schlenz et al., 2023, Slagter et al., 1992a). Auch andere Studien bestätigen, dass die erfragte Kaufähigkeit nicht mit der gemessenen übereinstimmte und überbewertet wurde (Boretti et al., 1995), wie es auch in dieser Studie der Fall war. Weiterhin wird beschrieben, dass die progressive Abnahme der Kaufunktion schleichend verläuft, wodurch das Bewusstsein dafür

niedrig ist und der Prozess passiv als „Älterwerden“ hingenommen wird (Millwood and Heath, 2000).

Entsprechend gab in der hier vorliegenden Studie nur einer von 20 Patienten an, die Mahlzeiten unterbrechen zu müssen (vgl. Kap. 3.4). Die Entwicklung von Anpassungsmechanismen – beispielsweise durch die Änderung der Zubereitungsverfahren (Millwood and Heath, 2000) und der Ernährungsgewohnheiten, etwa durch das Meiden schwer zu kauender Kost (Schindler and Hugger, 2006), um funktionelle Einschränkungen zu kompensieren – können die Ergebnisse dieser Studie erklären. In der Studie von Millwood et al. gaben 24 % der Versuchsteilnehmer an, Mühe zu haben bestimmte Kost zu sich zu nehmen. Auf geschlossene Fragen nach speziellen Nahrungsmitteln innerhalb der Studie wurde im Vergleich allerdings festgestellt, dass 75 % der Befragten ausgewählte Produkte vermeiden, da sie für sie schwer zu essen seien (Millwood and Heath, 2000).

Gleichzeitig ist zu beachten, dass die individuelle Wahrnehmung der eigenen MLQ, wie aus der Literatur zu entnehmen ist, multifaktoriell beeinflusst wird und nicht ausschließlich von der Kauleistung abhängt. Ästhetik, Alter, Geschlecht, der sozioökonomische Status, die allgemeine psychische Verfassung sowie die Funktion der prothetischen Versorgung bestimmen ebenfalls die OHRQoL (Wang et al., 2021, Malele-Kolisa et al., 2019).

Bei der Auswertung der im Kontext dieser Studie gewonnene Resultate wurde weiterhin festgestellt, dass viele der Prothesenträger „sehr oft“, „oft“ oder „ab und zu“ beim Verzehr bestimmter Nahrungsmittel Unannehmlichkeiten (n = 27) wahrnahmen und Schmerzen im Mundraum (n = 29) empfanden (vgl. Kap. 3.4).

Ein häufiges Problem bei Prothesenträgern ist das Auftreten von Druckstellen. Durch ausgeprägte Resorptionsprozesse des Kieferknochens können scharfe Knochenkanten entstehen (Tallgren, 1972), die zu mangelndem Prothesensitz führen und mit Schmerzen einhergehen können. Nicht nur im Verlauf, sondern besonders auch direkt nach der Eingliederung eines neuen Zahnersatzes muss zunächst eine Eingewöhnung stattfinden. Farias-Neto et al. stellten einen signifikanten Schmerznachlass und einen verbesserten Prothesensitz innerhalb

der ersten sechs Monate nach Herstellung des neuen Unterkieferzahnersatzes fest (Farias-Neto and Carreiro Ada, 2015). Bei einer durchschnittlichen Tragedauer von 57 Monaten ($n = 163$) dürften demnach nur wenige Probanden dieser Studie davon betroffen gewesen sein. Bei knapp jedem fünften Probanden dieser Studie ($n = 31$) wurde weiterhin ein Sanierungsbedarf, der mit funktionellen Einschränkungen einhergehen kann, festgestellt.

Beides könnte eine Begründung für die Angabe der Schmerzen liefern, die durch Druckstellen, scharfe Kanten oder ausstehenden Unterfütterungsbedarf entstanden sein könnten.

Resümierend sollten daher regelmäßige Nachsorgen stattfinden. Vor allem um einen Unterfütterungsbedarf vornehmlich im Unterkiefer festzustellen, da dieser schneller und kontinuierlicher resorbiert als der Oberkiefer (Tallgren, 1969). Weiterhin können Prothesen auch Mundschleimhautveränderungen begünstigen (Budtz-Jørgensen, 1981), die frühzeitig erkannt werden sollten.

Bezüglich der innerhalb dieser Studie gestellten Frage nach dem Empfinden von Unannehmlichkeiten beim Kauen bestimmter Nahrungsmittel könnte die Zustimmung, durch die mit dem Zahnverlust einhergehende psychosoziale Komponente (Fiske et al., 1998) erklärt werden. Zum anderen kann auch die Retention des Zahnersatzes eine Rolle spielen. Ein verminderter Halt kann zu einem ungewünschten Abheben der Prothese führen (Strub et al., 2011).

Ferner konnte innerhalb des hier durchgeführten Untersuchungsansatzes nicht bewiesen werden, dass die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität von Patienten, die mit Prothesen auf Doppelkronen versorgt waren, von der Versorgung im Gegenkiefer beeinflusst wird. Auch konnte nicht bestätigt werden, dass die OHRQoL dieser Patientengruppe davon beeinflusst wurde, wenn in keinem, einem oder beiden Kiefer ein reduziertes Restgebiss vorlag (vgl. Kap. 3.4). Diese Ergebnisse werden durch bestehende Literatur gestützt.

Kern et al. verglich in seiner Studie eine Patientengruppe, die 2 - 4 Pfeilerzähne aufwies, mit jenen, die 5 - 6 aufwiesen. Dabei stellte er in Bezug auf die MLQ ebenfalls keine statistisch relevanten Unterschiede fest. Auch war in seiner

Studie kein Einfluss der Anzahl der Pfeilerzähne auf die MLQ zu verzeichnen. Ebenfalls korrelierte der Summenscore nicht mit der Pfeilerzahnanzahl (Kern et al., 2019).

Den Zahnersatz betreffend zeigt die Literatur, dass die Versorgung mit Zahnersatz allgemein zu einer höheren OHRQoL führt. Ali et al. beschrieben, dass die Versorgung mit herausnehmbaren Teilprothesen zwar kurzfristig zur Steigerung der OHRQoL beiträgt, diese Wirkung jedoch im mittelfristigen Verlauf an Intensität verlieren kann. Teilprothesen verbesserten die OHRQoL bei einer Nachbeobachtungszeit von weniger als 9 Monaten um etwa 12 %, zeigten aber bei einer Nachbeobachtungszeit von mehr als 9 Monaten keine messbare Verbesserung. Die Studie wies weiterhin darauf hin, dass eine Versorgung mit implantatgetragenen Zahnersatz auch langfristig den Gesamtscore um 42 % im Vergleich zu zahnetragenen festsitzenden ZE und um 40 % im Vergleich zu herausnehmbaren Teilprothesen verbesserte. Festsitzender oder implantatgetragener Zahnersatz beeinflusst die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität kurzfristig demnach mehr als eine Versorgung mit herausnehmbaren partiellen Prothesen (Ali et al., 2019). Auch Palomares et al. beschrieben, dass eine Behandlung mit festsitzendem Zahnersatz zu besseren Ergebnissen hinsichtlich Lebensqualität, oraler Zufriedenheit und Kaufunktion führte als eine Behandlung mit herausnehmbarem Zahnersatz. In seiner Studie bestand eine signifikante Korrelation zwischen den objektiven und subjektiven Bewertungen der Kaufunktion (Palomares et al., 2018). Ähnliches ist in der Studie von Wolfart et al. beschrieben. Die Insertion von strategischen Implantaten bei einer vorliegenden Versorgung mit Total- und Teilprothesen erhöhte die MLQ (Wolfart et al., 2013).

4.3 Schlussfolgerung

Bei Betrachtung der eingeschlossenen Studienpopulation ist kritisch zu beurteilen, dass nicht alle Patienten für eine Behandlung im Studentenkurs geeignet sind und somit die Studienpopulation betreffend der

Allgemeinerkrankungen wenig differenziert ist. Multimorbide Patienten sowie solche mit einer Erkrankung oder einer Medikation, die eine antibiotische Abschirmung erforderlich machen – beispielsweise nach einer Bestrahlung im Kopf-Hals-Bereich – ebenso wie psychosomatisch oder funktionell auffällige Patienten, werden in der Regel von der Behandlung im Studentenkurs ausgeschlossen. Gleiches gilt für Patienten mit neurodegenerativen Erkrankungen oder umfangreichen chirurgischen Rekonstruktionen.

Befunde zu Kiefergelenkerkrankungen, wie zum Beispiel arthrotische Veränderungen oder das Vorliegen craniomandibulärer Dysfunktionen, wurden weiterhin nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse sind aufgrund der gezielten Auswahl von Patienten daher nur eingeschränkt auf die Gesamtbevölkerung übertragbar.

Die variierende Kauleistung zwischen den Gruppen lässt sich vor allem durch die unterschiedliche Anzahl an erhaltenen Zähnen erklären, was wissenschaftlich hinreichend bestätigt ist.

Weiterhin kann durch zahlreiche Studien belegt werden, dass unterschiedliche Härtegrade der Nahrung durch adaptive Mechanismen des Kausystems kompensiert werden. Hierdurch lässt sich begründen, dass diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Kauleistung festgestellt werden konnten.

Trotz einer reduzierten Kauleistung bleibt die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität hoch. Der geringe Einfluss der Kauleistung kann vor allem mit den in der Literatur beschriebenen adaptiven Vorgängen während des Alterungsprozesses begründet werden. Die in dieser Studie ermittelte hohe MLQ lässt sich auf die Zusammensetzung der eingeschlossenen Studienkohorte zurückzuführen, da Teilnehmer mit schweren Allgemeinerkrankungen ausgeschlossen wurden.

Basierend auf den zusammengetragenen Fakten, lassen sich die im Folgenden aufgeführten therapeutischen Konsequenzen für den klinischen Alltag ableiten.

4.3.1 Therapeutische Konsequenzen

Um den negativen Folgen einer verminderten Kauleistung vorzubeugen, kann ein Kaufunktionstest bei Verdacht auf herabgesetzte Kaufunktion in die klinische Befunderhebung integriert werden. Ebenso sollten Patienten mit bereits bestehenden relevanten Allgemeinerkrankungen auf dieses Thema aufmerksam gemacht werden. Die Durchführung eines Kaufunktionstest und eine anschließende Rehabilitation des stomatognathen Systems kann dazu beitragen eine Progression der Erkrankung zu verhindern. Das Defizit in der mastikatorischen Funktion kann allerdings nur zum Teil durch eine prothetische Rehabilitation ausgeglichen werden (Strub et al., 2011).

Klinisch ergibt sich daher weiterhin die Konsequenz, einen besonderen Fokus auf die Ernährung der Patienten zu legen und gegebenenfalls eine Ernährungsberatung durchzuführen. Die Kompensation der geminderten Kauleistung durch eine veränderte Lebensmittelauswahl kann explizit ein erhöhtes Risiko für lebensbedrohliche Erkrankungen wie Atherosklerose und Krebs darstellen (Walls et al., 2000).

Aufgrund der evidenzgestützten Tatsache, dass ein erhöhter Muskeltonus und eine geringe Elastizität der Muskeln die Kaufunktion mit zunehmenden Alter negativ beeinflussen, kann ein gezieltes Muskelfunktionstraining die Kaufunktion verbessern (Kim, 2021). Bei Menschen mit kognitiven Einschränkungen oder Demenz konnte nachgewiesen werden, dass ein tägliches Kaumuskeltraining im Sinne von Physiotherapie und häuslichen Eigenübungen die Kauleistung verbesserte (Jockusch et al., 2022). In einer weiteren Studie bei Patienten der Altersgruppe über 65 Jahren, die sich eine Woche lang einem Kautraining unterzogen, nahm die Okklusionskraft signifikant zu (Nishizaki et al., 2022). Im Gegensatz dazu zeigte sich bei jüngeren Probanden mit einem Durchschnittsalter von 27,6 Jahren, welche drei Monate lang dreimal wöchentlich drei Hartgummibonbons aßen eine Verbesserung der Kaufunktion und eine Erhöhung des Zungendrucks (Fujiwara et al., 2021).

Bei Bedarf kann letztlich erwogen werden, die Kaumuskulatur gezielt zu stärken, um orofaziale Beschwerden zu reduzieren und sich den Kaufunktionsergebnissen natürlich bezahnter Patienten anzunähern.

Im Praxisalltag sollte zudem besonderer Wert auf den Erhalt der natürlichen Bezahnung gelegt werden, vor allem durch präventive Maßnahmen und konservierende zahnärztliche Therapien, noch bevor eine prothetische Versorgung notwendig wird. Insbesondere kommt der Therapie der Parodontitis hierbei eine zentrale Bedeutung zu (Bousiou et al., 2022).

Durch regelmäßige Nachsorgen kann ein Reparaturbedarf rechtzeitig festgestellt und behoben sowie eine Neuaufstellung abradierter Prothesenzähne veranlasst werden. Im Zuge dessen kann sich das Beheben von Mundschleimhauterkrankungen und Druckstellen positiv auf die MLQ auswirken.

Die Insertion von Implantaten für die Versorgung mit festsitzendem Zahnersatz oder als Unterstützung von bestehendem Zahnersatz trägt ebenfalls zu einer besseren Kaufunktion und höheren MLQ bei (van der Bilt, 2011, Müller et al., 2012).

Um Auswirkungen der verringerten Kauleistung entgegenzuwirken, kann die Aufklärung über kognitives Training im Alter darüber hinaus als sinnvoll erachtet werden.

4.3.2 Forschungsbedarf

Durch die Limitationen dieser Studie ergeben sich mehrere zentrale Fragestellungen, die für die Interpretation der Ergebnisse sowie für zukünftige Forschungsansätze von Bedeutung sind.

Zunächst stellt sich die Frage nach der Reproduzierbarkeit der erzielten Testergebnisse. Hierbei ist zu klären, inwieweit die verwendete Methode zuverlässige und wiederholbare Ergebnisse liefert und ob diese methodische Limitation die Aussagekraft der Daten beeinflusst.

Darüber hinaus ist es von Interesse, wie sich die Kauleistung zwischen weiteren prothetischen Versorgungsformen unterscheidet. Insbesondere soll untersucht werden, ob Probanden, die mit kombiniert festsitzend-herausnehmbaren ZE versorgt sind, eine signifikant andere Kauleistung aufzeigen als diejenigen mit Modellgussprothesen.

Ein weiterer relevanter Aspekt betrifft den Einfluss craniomandibulärer Dysfunktionen (CMD) auf die Kaufunktion. Hier gilt es mögliche funktionelle Einschränkungen und deren Auswirkungen auf die Kauleistung zu analysieren.

Ebenso ist zu untersuchen, welche Rolle die Steffel-Klassifikation in Bezug auf die Kauleistung spielt.

Letztlich ist zu prüfen, inwieweit die Stichprobengröße der Gruppe, die mit Totalprothesen versorgt ist, die Nachweisbarkeit signifikanter Unterschiede in der Kauleistung zwischen den Probandengruppen beeinflusst.

5 Zusammenfassung

Zur Unterstützung des gesunden Alterns sind eine adäquate Ernährung sowie eine normale Kaufunktion von grundlegender Bedeutung. Eine eingeschränkte Kaufunktion wirkt sich in vielerlei Hinsicht negativ auf den Körper aus. Sie erhöht beispielsweise das Risiko für Krebs, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und kann die kognitive Funktion einschränken. Es scheint daher sinnvoll, die Behandlung entsprechender Patienten im Sinne dieses gesamtheitlichen Therapieansatzes durch einen Test zur Beurteilung der Kauleistung zu ergänzen. In der Literatur werden dazu zahlreiche Testverfahren beschrieben.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Kauleistung von Patienten, die mit kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz (Kombi-ZE) auf Doppelkronen versorgt sind. Insbesondere bei dem Vergleich der Kauleistung wurde die prothetische Versorgung im Gegenkiefer und das Vorliegen eines reduzierten Restgebisses berücksichtigt.

Für die Erhebung der Kauleistung wurde der Kaufunktionstest nach Professor Slavicek verwendet. Dabei wurden standardisierte Fruchtgummi-Proben auf Gelatinebasis in den Härtegraden weich, mittel und hart jeweils 30 Sekunden zerkaut. Je Härtegruppe wurde zunächst isoliert auf der rechten Seite, dann isoliert auf der linken und zuletzt beidseitig abwechselnd, gekaut.

Die so produzierten Kauproben wurden auf einem Standardfeld ausgestrichen, fotografisch reproduzierbar erfasst und computerunterstützt mittels Computer-Vision-Algorithmen extern hinsichtlich Anzahl und Größe der Teilchen analysiert. Diese Rohdaten wurden mittels JMP 16 der Firma SAS im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgewertet.

Im Zuge der durchgeführten Kaufunktionsuntersuchungen wurde von den Patienten der OHIP-G14 Fragebogen ausgefüllt und so die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität (MLQ) ermittelt.

Die Patienten wurden bezogen auf ihre prothetische Versorgung in drei Gruppen eingeteilt: Kombi-ZE in beiden Kiefern (Gruppe A), Kombi-ZE in einem

Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer (Gruppe B), Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer (Gruppe C).

Teilnehmer, die eine andere Prothese im Gegenkiefer trugen, wurden in der Auswertung nicht weiter berücksichtigt.

Den Forschungsfragen folgend, wurde zusätzlich differenziert betrachtet, ob in einem, beiden oder keinem Kiefer ein reduziertes Restgebiss (Zahnzahl ≤ 4) vorlag.

Die Auswertung zeigte folgende Ergebnisse:

In Bezug auf die prothetische Versorgung im Gegenkiefer konnten Probanden mit einer natürlichen oder festsitzenden Gegenbezahnung eine nachweislich bessere Kauleistung aufweisen als solche, die mit Kombi-ZE in beiden Kiefern versorgt waren. Das Tragen einer Totalprothese im Gegenkiefer veränderte die Kauleistung hingegen nicht signifikant.

Weiterhin konnten Patienten ohne ein reduziertes Restgebiss signifikant besser kauen als bei Vorliegen eines reduzierten Restgebisses in einem oder beiden Kiefern. Korrelierend dazu war auch die Abnahme der Zahn- und DK-Anzahl.

Die variierende Kauleistung zwischen den Gruppen lässt sich entsprechend der Literatur durch die unterschiedliche Anzahl an erhaltenen Zähnen erklären.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass ein ansteigender Härtegrad die Zerteilung der Fruchtgummi-Proben erschwerte. Dabei konnte kein signifikanter Einfluss auf die Kauleistung bestätigt werden.

Zahlreiche Studien belegen, dass ein zunehmender Härtegrad der Nahrung durch adaptive Mechanismen des Kausystems kompensiert werden.

Es lagen weiterhin keine signifikanten Unterschiede zwischen der Kauleistung der einzelnen Gruppen und der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität vor. Trotz reduzierter Kauleistung blieb die MLQ hoch. Der geringe Einfluss der Kauleistung lässt sich vor allem durch die in der Literatur beschriebenen Anpassungsmechanismen im Verlauf des Alterungsprozesses erklären.

Die in dieser Studie ermittelte hohe mundgesundheitsbezogene Lebensqualität und die eingeschränkte Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist auf die Zusammensetzung der eingeschlossenen Studienkohorte zurückzuführen, da Teilnehmer mit schweren Allgemeinerkrankungen ausgeschlossen wurden.

Weiterhin zeigte der Vergleich mit der Studie von Slavicek et al., dass die Kauleistung von Patienten mit einem Zahnersatz auf Doppelkronen, innerhalb derselben Altersgruppe, im Vergleich zu Patienten mit weitgehend natürlicher Bezahnung, minimalen Füllungen sowie festsitzende Kronen, Brücken und Implantaten insgesamt verringert war. Bei Versorgung mit Kombi-ZE in beiden Kiefern oder Kombi-ZE in einem Kiefer und einer Totalprothese im Gegenkiefer ist die Kauleistung um mehr als die Hälfte reduziert. Im Vergleich zu jungen Menschen im Alter zwischen 18 und 24 war die Kauleistung der Probanden dieser Studie ebenfalls um mehr als die Hälfte reduziert.

Klinisch ergibt sich, dass bei Verdacht auf eine verminderte Kauleistung ein Kaufunktionstest durchgeführt und die Kaufunktion bei Bedarf gezielt verbessert werden sollte. Dies kann insbesondere durch eine prothetische Rehabilitation erreicht werden, aber auch Kau- oder Muskelfunktionstraining sowie regelmäßige Nachsorgen spielen eine entscheidende Rolle. Der Erhalt der natürlichen Zähne gilt auch unter dem Aspekt der Kauleistung als oberstes Behandlungsziel.

6 Literaturverzeichnis

- AGERBERG, G. & CARLSSON, G. E. 1981. Chewing ability in relation to dental and general health: analyses of data obtained from a questionnaire. *Acta Odontologica Scandinavica*, 39, 147-153.
- AKEEL, R., NILNER, M. & NILNER, K. 1992. Masticatory efficiency in individuals with natural dentition. *Swed Dent J*, 16, 191-198.
- ALEV, K., VAIN, A., ARU, M., PEHME, A., PURGE, P., KAASIK, P. & SEENE, T. 2018. Glucocorticoid-Induced Changes in Rat Skeletal Muscle Biomechanical and Viscoelastic Properties: Aspects of Aging. *J Manipulative Physiol Ther*, 41, 19-24.
- ALI, Z., BAKER, S. R., SHAHRBAF, S., MARTIN, N. & VETTORE, M. V. 2019. Oral health-related quality of life after prosthodontic treatment for patients with partial edentulism: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*, 121, 59-68.
- BATES, J. F., STAFFORD, G. D. & HARRISON, A. 1976. Masticatory function - a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *Journal of Oral Rehabilitation*, 3, 57-67.
- BORETTI, G., BICKEL, M. & GEERING, A. H. 1995. A review of masticatory ability and efficiency. *THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY*, 74, 400-403.
- BORTOLUZZI, M. C., TRAEBERT, J., LASTA, R., DA ROSA, T. N., CAPELLA, D. L. & PRESTA, A. A. 2012. Tooth loss, chewing ability and quality of life. *Contemp Clin Dent*, 3, 393-397.
- BOURDIOL, P. & MIOCHE, L. 2000. Correlations between functional and occlusal tooth-surface areas and food texture during natural chewing sequences in humans. *Arch Oral Biol*, 45, 691-699.
- BOUSIOU, A., KONSTANTOPOULOU, K., POLYCHRONOPOULOU, A., HALAZONETIS, D. J., SCHIMMEL, M. & KOSSIONI, A. E. 2022. Sociomedical and oral factors affecting masticatory performance in an older population. *Clinical Oral Investigations*, 26, 3477-3486.
- BRODEUR, J. M., LAURIN, D., VALLEE, R. & LACHAPELLE, D. 1993. Nutrient intake and gastrointestinal disorders related to masticatory performance in the edentulous elderly. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 70, 468-473.
- BUDTZ-JØRGENSEN, E. 1981. Oral mucosal lesions associated with the wearing of removable dentures. *J Oral Pathol*, 10, 65-80.
- CALOSS, R., AL-ARAB, M., FINN, R. A. & THROCKMORTON, G. S. 2011. The effect of denture stability on bite force and muscular effort. *J Oral Rehabil*, 38, 434-439.
- CARLSSON, G. E. 1974. Bite force and chewing efficiency. *Frontiers in Physiology*, 1, 265-292.
- CARLSSON, G. E. 1984. Masticatory efficiency: the effect of age, the loss of teeth and prosthetic rehabilitation. *Int Dent J*, 34, 93-97.
- CHAUNCEY, H. H., MUENCH, M. E., KAPUR, K. K. & WAYLER, A. H. 1984. The effect of the loss of teeth on diet and nutrition. *International Dental Journal* 34, 98-104.

- CHEN, H., IINUMA, M., ONOZUKA, M. & KUBO, K. Y. 2015. Chewing Maintains Hippocampus-Dependent Cognitive Function. *International Journal of Medical Sciences*, 12, 502-509.
- CHONG, M. X., KHOO, C. D., GOH, K. H., RAHMAN, F. & SHOJI, Y. 2016. Effect of age on bite force. *Journal of Oral Science*, 58, 361-363.
- EBERHARD, L., SCHNEIDER, S., EIFFLER, C., KAPPEL, S. & GIANNAKOPOULOS, N. N. 2015. Particle size distributions determined by optical scanning and by sieving in the assessment of masticatory performance of complete denture wearers. *Clin Oral Investig*, 19, 429-436.
- EICKHOLZ, P., HOLTFRETER, B., KUHR, K., DANNEWITZ, B., JORDAN, A. R. & KOCHER, T. 2025. Prevalence of the periodontal status in Germany: results of the 6th German Oral Health Study (DMS• 6). *Quintessence International*, 56, 40-47.
- ELSIG, F., SCHIMMEL, M., DUVERNAY, E., GIANNELLI, S. V., GRAF, C. E., CARLIER, S., HERRMANN, F. R., MICHEL, J. P., GOLD, G., ZEKRY, D. & MÜLLER, F. 2015. Tooth loss, chewing efficiency and cognitive impairment in geriatric patients. *Gerodontology*, 32, 149-156.
- ELSYAD, M. A. & KHAIRALLAH, A. S. 2017. Chewing efficiency and maximum bite force with different attachment systems of implant overdentures: a crossover study. *Clin Oral Implants Res*, 28, 677-682.
- ENDO, T., KOMATSUZAKI, A., KUROKAWA, H., TANAKA, S., KOBAYASHI, Y. & KOJIMA, K. 2014. A two-colored chewing gum test for assessing masticatory performance: a preliminary study. *Odontology*, 102, 68-75.
- ERVIN, R. B. & DYE, B. A. 2009. The effect of functional dentition on Healthy Eating Index scores and nutrient intakes in a nationally representative sample of older adults. *J Public Health Dent*, 69, 207-216.
- FARIAS-NETO, A. & CARREIRO ADA, F. 2015. Changes in patient satisfaction and masticatory efficiency during adaptation to new dentures. *Compend Contin Educ Dent*, 36, 174-177.
- FELDMAN, R. S., KAPUR, K. K., ALMAN, J. E. & CHAUNCEY, H. H. 1980. Aging and mastication: changes in performance and in the swallowing threshold with natural dentition. *J Am Geriatr Soc*, 28, 97-103.
- FISKE, J., DAVIS, D. M., FRANCES, C. & GELBIER, S. 1998. The emotional effects of tooth loss in edentulous people. *Br Dent J*, 184, 90-93.
- FONTIJN-TEKAMP, F. A., SLAGTER, A. P., VAN DER BILT, A., VAN, T. H. M. A., WITTER, D. J., KALK, W. & JANSEN, J. A. 2000. Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *Journal of Dental Research*, 79, 1519-2154.
- FREESMEYER, W. B. 1987. *Konstruktionselemente in der zahnärztlichen Prothetik: Planung und Einsatz unter funktionellen Gesichtspunkten*, München, Carl Hanser Verlag.
- FUJIWARA, S., HORI, K., SHITARA, S., OKAWA, J., KODAMA, S., MURAKAMI, K. & ONO, T. 2021. Effect of hard gummy candy chewing on masticatory function. *J Oral Rehabil*, 48, 909-915.
- GEISSLER, C. A. & BATES, J. F. 1984. The nutritional effects of tooth loss. *Am J Clin Nutr*, 39, 478-489.

- GONÇALVES, T. M., VILANOVA, L. S., GONÇALVES, L. M. & RODRIGUES GARCIA, R. C. 2014. Effect of complete and partial removable dentures on chewing movements. *J Oral Rehabil*, 41, 177-183.
- GONÇALVES, T. M. S. V., SCHIMMEL, M., VAN DER BILT, A., CHEN, J., VAN DER GLAS, H. W., KOHYAMA, K., HENNEQUIN, M., PEYRON, M. A., WODA, A. & LELES, C. R. 2021. Consensus on the terminologies and methodologies for masticatory assessment. *Journal of oral rehabilitation*, 48, 745-761.
- GONZÁLEZ-GIL, D., DIB-ZAITUM, I., FLORES-FRAILE, J. & LÓPEZ-MARCOS, J. 2022a. Importance of Osseoperception and Tactile Sensibility during Masticatory Function in Different Prosthetic Rehabilitations: A Review. *Medicina (Kaunas)*, 58, 92.
- GONZÁLEZ-GIL, D., DIB-ZAITUN, I., FLORES-FRAILE, J. & LÓPEZ-MARCOS, J. 2022b. Active Tactile Sensibility in Implant Prosthesis vs. Complete Dentures: A Psychophysical Study. *J Clin Med*, 11, 6819.
- GONZÁLEZ-GIL, D., FLORES-FRAILE, J. & LÓPEZ-MARCOS, J. 2022c. Tactile Sensibility Thresholds in Implant Prosthesis, Complete Dentures and Natural Dentition: Review about Their Value in Literature. *Medicina (Kaunas)*, 58, 501.
- GRISSMER, S. 2010. Arbeits-, Sport- und Leistungsphysiologie In: BEHREND, J. C., BISCHOFBERGER, J., DEUTZMANN, R., EHMKE, H., FRINGS, S., GRISSMER, S., HOTH, M., KURTZ, A., LEIPZIGER, J., MÜLLER, F., PEDAIN, C., RETTIG, J., WAGNER, C. & CHARLOTTE, E. (eds.) *Physiologie, Duale Reihe*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- GROTEN, M. & RÜBELING, G. 2009. Hybridteleskope zur Verankerung von kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz - Rekonstruktive und klinische Aspekte rein NEM-basierter Teleskopprothesen. *Quintessenz Zahntechnik*, 35, 1568-1580.
- GRÜNHEID, E. & SULAK, H. 2016. *Bevölkerungsentwicklung 2016: Daten, Fakten, Trends zum demografischen Wandel*, Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung.
- GUNNE, H. S. 1985. Masticatory efficiency and dental state. A comparison between two methods. *Acta Odontol Scand*, 43, 139-46.
- HAMA, Y., KANAZAWA, M., MINAKUCHI, S., UCHIDA, T. & SASAKI, Y. 2014. Properties of a color-changeable chewing gum used to evaluate masticatory performance. *J Prosthodont Res*, 58, 102-106.
- HAYAKAWA, I., WATANABE, I., HIRANO, S., NAGAO, M. & SEKI, T. 1998. A simple method for evaluating masticatory performance using a color-changeable chewing gum. *Int J Prosthodont*, 11, 173-176.
- HELKIMO, E., CARLSSON, G. E. & HELKIMO, M. 1978. Chewing efficiency and state of dentition. A methodologic study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 36, 33-41.
- HENCHOZ, K., CAVALLI, S. & GIRARDIN, M. 2008. Health perception and health status in advanced old age: A paradox of association. *Journal of Aging Studies*, 22, 282-290.
- HEY, J. & SCHWEYEN, R. 2020. Strategische Pfeilervermehrung bei herausnehmbarem Zahnersatz *Implantologie*, 28, 207-218.

- HINZ, S., BÖMICKE, W., SCHWEYEN, R. & BENSEL, T. 2023. Ten-year clinical performance of non-precious metal double crowns with friction pins in severely reduced dentitions-a retrospective study. *Clin Oral Investig*, 27, 1623-1635.
- IKEBE, K., MATSUDA, K., MORII, K., FURUYA-YOSHINAKA, M., NOKUBI, T. & RENNER, R. P. 2006. Association of masticatory performance with age, posterior occlusal contacts, occlusal force, and salivary flow in older adults. *Int J Prosthodont*, 19, 475-481.
- JAVADIAN, S. 2023. *Kaueffizienz und Kaufunktion bei Patienten mit Parodontitis: eine Querschnittsanalyse*. Dissertation, Universität zu Köln.
- JENNI, I. & PIEREN, R. 2006. *Erkennung von Speisen anhand der Geräusche beim Kauen*. Semesterarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
- Swiss Federal Institute for Technology Zurich.
- JOCKUSCH, J., HAHNEL, S., SOBOTTA, B. & NITSCHKE, I. 2022. The Effect of a Masticatory Muscle Training Program on Chewing Efficiency and Bite Force in People with Dementia. *Int J Environ Res Public Health*, 19, 3778.
- JOHANSSON, I., TIDEHAG, P., LUNDBERG, V. & HALLMANS, G. 1994. Dental status, diet and cardiovascular risk factors in middle-aged people in northern Sweden. *Community Dent Oral Epidemiol*, 22, 431-436.
- JOHN, M. & MICHEELIS, W. 2000. Lebensqualitätsforschung in der Zahnmedizin: Konzepte, Erfahrungen und Perspektiven. *Ein Überblick zur Forschungslandschaft. IDZ-Information*, 4, 1-22.
- JOHN, M. & MICHEELIS, W. 2003. Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität in der Bevölkerung: Grundlagen und Ergebnisse des Oral Health Impact Profile (OHIP) aus einer repräsentativen Stichprobe in Deutschland. *IDZ-Information. Informationsdienst des Instituts der Deutschen Zahnärzte, Köln*, 1, 1-28.
- JOHN, M. T., MICHEELIS, W. & BIFFAR, R. 2004. Normwerte mundgesundheitsbezogener Lebensqualität für Kurzversionen des Oral Health Impact Profile. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*, 114, 784-791.
- JOHN, M. T., MIGLIORETTI, D. L., LERESCHE, L., KOEPEL, T. D., HUJOEL, P. & MICHEELIS, W. 2006. German short forms of the Oral Health Impact Profile. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 34, 277-288.
- JOHN, M. T., PATRICK, D. L. & SLADE, G. D. 2002. The German version of the Oral Health Impact Profile-translation and psychometric properties. *European Journal of Oral Sciences*, 110, 425-433.
- JORDAN, A. R., MEYER-LUECKEL, H., KUHR, K., SASUNNA, D., BEKES, K. & SCHIFFNER, U. 2025. Caries experience and care in Germany: results of the 6th German Oral Health Study (DMS• 6). *Quintessence International*, 56, 30-39.
- JORDAN, R., MICHEELIS, W., CHOLMAKOW-BODECHTEL, C., FÜSS-GRÜNIG, E., GEYER, S., HERTRAMPF, K., HOFFMANN, T., HOLTRETER, B., KOCHER, T. & NITSCHKE, I. 2016. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V)–Kurzfassung. *Kassenzahnärztliche*

Bundesvereinigung, Körperschaft des öffentlichen Rechts
Bundeszahnärztekammer–Arbeitsgemeinschaft der Deutschen
Zahnärztekammern eV (BZÄK).

- JOSHIPURA, K. J., WILLETT, W. C. & DOUGLASS, C. W. 1996. The impact of edentulousness on food and nutrient intake. *J Am Dent Assoc*, 127, 459-467.
- KÄMMERER, P. W. 2022. Beeinflusst eine reduzierte Kaufähigkeit die kognitiven Funktionen? *Zahnärztliche Mitteilungen*, 112, 1372-1373.
- KAPUR, K. K. & SOMAN, S. D. 2006. Masticatory performance and efficiency in denture wearers. *J Prosthet Dent*, 95, 407-411.
- KASSEBAUM, N. J., SMITH, A. G. C., BERNABÉ, E., FLEMING, T. D., REYNOLDS, A. E., VOS, T., MURRAY, C. J. L. & MARCENES, W. 2017. Global, Regional, and National Prevalence, Incidence, and Disability-Adjusted Life Years for Oral Conditions for 195 Countries, 1990-2015: A Systematic Analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors. *J Dent Res*, 96, 380-387.
- KAY, R. F. & SHEINE, W. S. 1979. On the relationship between chitin particle size and digestibility in the primate *Galago senegalensis*. *American Journal of Physical Anthropology*, 50, 301-308.
- KENT-BRAUN, J. A., FITTS, R. H. & CHRISTIE, A. 2012. Skeletal muscle fatigue. *Compr Physiol*, 2, 997-1044.
- KERN, J. S., HANISCH, O., HAMMÄCHER, C., YILDIRIM, M. & WOLFART, S. 2019. Telescopic Crowns On Implants And Teeth: Evaluation Of A Clinical Study After 8 to 12 Years. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 34, 977-986.
- KERN, M. 1999. Doppelkronensysteme zur Veränderung von Teilprothesen. In: FREESMEYER, W. B. (ed.) *Klinische Prothetik: Band 2 Herausnehmbarer Zahnersatz*. Heidelberg: Hüthig GmbH.
- KIM, H. E. 2021. Influential Factors of Masticatory Performance in Older Adults: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*, 18, 4286.
- KIM, M.-S. & HAN, D.-H. 2022. Does reduced chewing ability efficiency influence cognitive function? Results of a 10-year national cohort study. *Medicine (Baltimore)*, 101, e29270.
- KOC, D., DOGAN, A. & BEK, B. 2010. Bite force and influential factors on bite force measurements: a literature review. *Eur J Dent*, 4, 223-232.
- KÖRBER, K. 1988. *Konuskronen - Das rationelle Teleskopsystem, Einführung in Klinik und Technik*, Heidelberg, Hüthig.
- KRYSIŃSKI, Z., LUDWICZAK, T. & MUCHA, J. 1981. Comparative investigations of selected methods of evaluating the masticatory ability. *J Prosthet Dent*, 46, 568-574.
- LAMBA, A. K., TANDON, S., FARAZ, F., GARG, V., AGGARWAL, K. & GABA, V. 2020. Effect of periodontal disease on electromyographic activity of muscles of mastication: A cross-sectional study. *J Oral Rehabil*, 47, 599-605.
- LEHMANN, K. M., HELLWIG, E. & WENZ, H.-J. 2012. *Zahnärztliche Propädeutik: Einführung in die Zahnheilkunde*, Köln, Deutscher Zahnärzte Verlag.

- LIEDBERG, B. & OWALL, B. 1991. Masticatory ability in experimentally induced xerostomia. *Dysphagia*, 6, 211-213.
- LIMPUANGTHIP, N., TUMRASVIN, W. & SAKULTAE, C. 2022. Masticatory index for patients wearing dental prosthesis as alternative to conventional masticatory ability measures. *PLoS One*, 17, e0263048.
- LOCKER, D. 1995. Health outcomes of oral disorders. *International Journal of Epidemiology*, 24, S85-89.
- LÓPEZ, R., SMITH, P. C., GÖSTEMEYER, G. & SCHWENDICKE, F. 2017. Ageing, dental caries and periodontal diseases. *J Clin Periodontol*, 44, 145-152.
- LUCAS, P. W. & LUKE, D. A. 1983. Methods for analysing the breakdown of food in human mastication. *Archives of Oral Biology*, 28, 813-819.
- MACENTEE, M. I. & BRONDANI, M. 2016. Cross-cultural equivalence in translations of the oral health impact profile. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 44, 109-118.
- MACURA-KARBOWNIK, A., CHLADEK, G., ŻMUDZKI, J. & KASPERSKI, J. 2016. Chewing efficiency and occlusal forces in PMMA, acetal and polyamide removable partial denture wearers. *Acta Bioeng Biomech*, 18, 137-144.
- MALELE-KOLISA, Y., YENGOPAL, V., IGUMBOR, J., NQCOBO, C. B. & RALEPHENYA, T. R. D. 2019. Systematic review of factors influencing oral health-related quality of life in children in Africa. *Afr J Prim Health Care Fam Med*, 11, 1-12.
- MANLY, R. S. & BRALEY, L. C. 1950. Masticatory performance and efficiency. *Journal of Dental Research*, 29, 448-462.
- MARCUS, S. E., DRURY, T. F., BROWN, L. J. & ZION, G. R. 1996. Tooth retention and tooth loss in the permanent dentition of adults: United States, 1988-1991. *J Dent Res*, 75, 684-695.
- MICHEELIS, W. & GEYER, S. 2016. Prävalenzen und Strukturen mundgesundheitslicher Risikofaktoren in den vier untersuchten Altersgruppen. In: JORDAN, A. R. & MICHEELIS, W. (eds.) *Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V)*. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV.
- MILLWOOD, J. & HEATH, M. R. 2000. Food choice by older people: the use of semi-structured interviews with open and closed questions. *Gerodontology*, 17, 25-32.
- MIYAURA, K., MORITA, M., MATSUKA, Y., YAMASHITA, A. & WATANABE, T. 2000. Rehabilitation of biting abilities in patients with different types of dental prostheses. *J Oral Rehabil*, 27, 1073-1076.
- MOCCHIGIANI, E., ROMEO, J., MALAVOLTA, M., COSTARELLI, L., GIACCONI, R., DIAZ, L. E. & MARCOS, A. 2013. Zinc: dietary intake and impact of supplementation on immune function in elderly. *Age (Dordr)*, 35, 839-860.
- MOUSA, M. A., PATIL, S. & LYNCH, E. 2017. Masticatory efficiency and muscular activity in removable partial dental prostheses with different cusp angles. *J Prosthet Dent*, 117, 55-60.
- MOWLANA, F., HEATH, M. R., VAN DER BILT, A. & VAN DER GLAS, H. W. 1994. Assessment of chewing efficiency: a comparison of particle size

- distribution determined using optical scanning and sieving of almonds. *Journal of Oral Rehabilitation*, 21, 545-551.
- MÜLLER, F., HERNANDEZ, M., GRÜTTER, L., ARACIL-KESSLER, L., WEINGART, D. & SCHIMMEL, M. 2012. Masseter muscle thickness, chewing efficiency and bite force in edentulous patients with fixed and removable implant-supported prostheses: a cross-sectional multicenter study. *Clin Oral Implants Res*, 23, 144-150.
- MÜLLER, F. & NITSCHKE, I. 2005. Mundgesundheit, Zahnstatus und Ernährung im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 38, 334-341.
- NADTOCHIY, A. G., STARIKOVA, N. V. & NADTOCHIY, G. A. 2020. The role of restorative oral rehabilitation in orthodontic treatment of cleft lip and palate patients. *Stomatologiya (Mosk)*, 99, 15-23.
- NAKA, O., ANASTASSIADOU, V. & PISSOTIS, A. 2014. Association between functional tooth units and chewing ability in older adults: a systematic review. *Gerodontology*, 31, 166-177.
- NAKAMURA, Y. & KATAKURA, N. 1995. Generation of masticatory rhythm in the brainstem. *Neuroscience Research*, 23, 1-19.
- NAKAMURA, Y., KATAKURA, N., NAKAJIMA, M. & LIU, J. 2004. Rhythm generation for food-ingestive movements. *Progress in Brain Research*, 143, 97-103.
- NGUYEN, C. T. 2002. *Auswirkung der Qualität des Zahnersatzes und der Kaeffizienz auf den Ernährungszustand geriatrischer Patienten und die Entwicklung eines Kaufunktionstests*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- NIEDERMEIER, W. 1996. Prothesenkinematik. In: KOECK, B. (ed.) *Teilprothesen, Praxis der Zahnheilkunde, Band 6*. 3 ed. München: Urban & Schwarzenberg.
- NISHIZAKI, H., IIDA, T., TANAKA, Y., MORIMOTO, Y., HAYASHI, M., MIKUZUKI, L., YAO, Y. & TATSUNO, Y. 2022. Effect of masticatory training using confectioneries on oral function in elderly patients - A randomized controlled trial. *J Dent Sci*, 17, 1480-1486.
- NITSCHKE, I. & STARK, H. 2016. Zahnverlust und prothetische Versorgung In: JORDAN, A. R. & MICHEELIS, W. (eds.) *Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V)*. Köln.
- NOKUBI, T., NOKUBI, F., YOSHIMUTA, Y., IKEBE, K., ONO, T. & MAEDA, Y. 2010. Measuring masticatory performance using a new device and β -carotene in test gummy jelly. *J Oral Rehabil*, 37, 820-826.
- NOKUBI, T., YASUI, S., YOSHIMUTA, Y., KIDA, M., KUSUNOKI, C., ONO, T., MAEDA, Y., NOKUBI, F., YOKOTA, K. & YAMAMOTO, T. 2013. Fully automatic measuring system for assessing masticatory performance using β -carotene-containing gummy jelly. *J Oral Rehabil*, 40, 99-105.
- OKAYASU, I., YAMADA, Y., KOHNO, S. & YOSHIDA, N. 2003. New animal model for studying mastication in oral motor disorders. *Journal of Dental Research*, 82, 318-321.
- OKIYAMA, S., IKEBE, K. & NOKUBI, T. 2003. Association between masticatory performance and maximal occlusal force in young men. *J Oral Rehabil*, 30, 278-282.

- OLTHOFF, L., VAN DER BILT, A., DE BOER, A. & BOSMAN, F. 1986. Comparison of force-deformation characteristics of artificial and several natural foods for chewing experiments. *Journal of texture studies*, 17, 275-289.
- PALINKAS, M., BORGES, T. F., JUNIOR, M. T., MONTEIRO, S. A. C., BOTTACIN, F. S., MESTRINER-JUNIOR, W., REGALO, I. H., SIÉSSERE, S., SEMPRINI, M. & REGALO, S. C. H. 2019. Alterations in masticatory cycle efficiency and bite force in individuals with periodontitis. *Int J Health Sci (Qassim)*, 13, 25-29.
- PALOMARES, T., MONTERO, J., ROSEL, E. M., DEL-CASTILLO, R. & ROSALES, J. I. 2018. Oral health-related quality of life and masticatory function after conventional prosthetic treatment: A cohort follow-up study. *J Prosthet Dent*, 119, 755-763.
- PARK, S. & SHIN, W. S. 2015. Differences in eating behaviors and masticatory performances by gender and obesity status. *Physiol Behav*, 138, 69-74.
- PEYRON, M. A., BLANC, O., LUND, J. P. & WODA, A. 2004. Influence of age on adaptability of human mastication. *Journal of Neurophysiology*, 92, 773-779.
- PIEGER, S. 2010. *Nachsorgeaufwand und Kostenvergleich von Implantatprothetik und konventioneller Prothetik bei Therapie der verkürzten Zahnreihe*. Dr. med. dent Dissertation, Universität Hamburg.
- PRINZ, J. F. 1999. Quantitative evaluation of the effect of bolus size and number of chewing strokes on the intra-oral mixing of a two-colour chewing gum. *J Oral Rehabil*, 26, 243-247.
- PRINZ, J. F. & LUCAS, P. W. 1997. An optimization model for mastication and swallowing in mammals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 264, 1715-1721.
- RISSIN, L., HOUSE, J. E., MANLY, R. S. & KAPUR, K. K. 1978. Clinical comparison of masticatory performance and electromyographic activity of patients with complete dentures, overdentures, and natural teeth. *J Prosthet Dent*, 39, 508-511.
- RITCHIE, C. S., JOSHIPURA, K., HUNG, H. C. & DOUGLASS, C. W. 2002. Nutrition as a mediator in the relation between oral and systemic disease: associations between specific measures of adult oral health and nutrition outcomes. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 13, 291-300.
- ROOHAFZA, H., AFSHAR, H., KESHTLI, A. H., SHIRANI, M. J., AFGHARI, P., VALI, A. & ADIBI, P. 2016. Masticatory ability with depression, anxiety, and stress: Does there exist any association? *Dent Res J (Isfahan)*, 13, 211-216.
- ROVIRA-LASTRA, B., FLORES-OROZCO, E. I., SALSENCH, J., PERAIRE, M. & MARTINEZ-GOMIS, J. 2014. Is the side with the best masticatory performance selected for chewing? *Arch Oral Biol*, 59, 1316-20.
- SALSENCH, J., MARTÍNEZ-GOMIS, J., TORRENT, J., BIZAR, J., SAMSÓ, J. & PERAIRE, M. 2005. Relationship between duration of unilateral masticatory cycles and the type of lateral dental guidance: a preliminary study. *Int J Prosthodont*, 18, 339-346.

- SAMIETZ, S., WÖSTMANN, B., KUHR, K., JORDAN, A. R., STARK, H. & NITSCHKE, I. 2025. Oral health in the elderly: results of the 6th German Oral Health Study (DMS • 6). *Quintessence Int*, 56, 112-119.
- SANO, M. & SHIGA, H. 2021. Evaluation of occlusal force and masticatory performance in elderly adults with natural dentition unaffected by occlusal support. *Journal of Oral Science*, 63, 145-147.
- SATO, H., FUEKI, K., SUEDA, S., SATO, S., SHIOZAKI, T., KATO, M. & OHYAMA, T. 2003a. A new and simple method for evaluating masticatory function using newly developed artificial test food. *J Oral Rehabil*, 30, 68-73.
- SATO, S., FUEKI, K., SATO, H., SUEDA, S., SHIOZAKI, T., KATO, M. & OHYAMA, T. 2003b. Validity and reliability of a newly developed method for evaluating masticatory function using discriminant analysis. *J Oral Rehabil*, 30, 146-151.
- SCHIERZ, O., HIRSCH, C., JOHN, M. T. & REISSMANN, D. 2015. Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität - Maßstab Mensch in der Zahnmedizin. *Seniorenzahnmedizin*, 3, 17-22.
- SCHIMMEL, M., CHRISTOU, P., MIYAZAKI, H., HALAZONETIS, D., HERRMANN, F. R. & MÜLLER, F. 2015. A novel colourimetric technique to assess chewing function using two-coloured specimens: Validation and application. *J Dent*, 43, 955-964.
- SCHIMMEL, M., LEEMANN, B., HERRMANN, F. R., KILIARIDIS, S., SCHNIDER, A. & MÜLLER, F. 2011. Masticatory function and bite force in stroke patients. *J Dent Res*, 90, 230-234.
- SCHIMMEL, M., MEMEDI, K., PARGA, T., KATSOULIS, J. & MÜLLER, F. 2017. Masticatory Performance and Maximum Bite and Lip Force Depend on the Type of Prosthesis. *Int J Prosthodont*, 30, 565-572.
- SCHINDLER, H. & HUGGER, A. 2006. Kauphysiologie und Kieferreflexe. In: HUGGER, A., TÜRPEL, J. C. & KERSCHBAUM, T. (eds.) *Curriculum Orale Physiologie*. Berlin: Quintessenz Verlag-GmbH.
- SCHLENZ, M. A., SCHMIDT, A., GÄBLER, C. S., KOLB, G. & WÖSTMANN, B. 2023. Geriatriisches Assessment in der Zahnmedizin. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 57, 308-314.
- SCHMIDT, M., SLAVICEK, G., SLAVICEK, F., SCHULZ, M. C., ARETXABALETA, M., EFFERT, J., KOOS, B. & WEISE, C. 2023. Masticatory Efficiency in Orthodontic Patients with Craniofacial Disorder. *Int J Environ Res Public Health*, 20, 4324.
- SCHWINDLING, F. S., DITTMANN, B. & RAMMELSBERG, P. 2014. Double-crown-retained removable dental prostheses: a retrospective study of survival and complications. *J Prosthet Dent*, 112, 488-493.
- SHIAU, Y. Y., PENG, C. C. & HSU, C. W. 1999. Evaluation of biting performance with standardized test-foods. *J Oral Rehabil*, 26, 447-452.
- SHIGA, H., KOBAYASHI, Y., KATSUYAMA, H., YOKOYAMA, M. & ARAKAWA, I. 2012. Gender difference in masticatory performance in dentate adults. *Journal of prosthodontic research*, 56, 166-169.
- SILVA, N. C. S., OLIVEIRA, P. H. B., GAMA, L. T., MAGNO, M. B., MARAÑÓN-VÁSQUEZ, G. A., MAIA, L. C. & RODRIGUES GARCIA, R. C. M. 2025. Does occlusal morphology of artificial teeth improve chewing of

- removable dentures wearers? A systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont*, 34, 120-138.
- SLADE, G. D. 1997. Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 25, 284-90.
- SLADE, G. D. & SPENCER, A. J. 1994. Development and evaluation of the Oral Health Impact Profile. *Community Dent Health*, 11, 3-11.
- SLAGTER, A. P., OLTHOFF, L. W., BOSMAN, F. & STEEN, W. H. 1992a. Masticatory ability, denture quality, and oral conditions in edentulous subjects. *J Prosthet Dent*, 68, 299-307.
- SLAGTER, A. P., VAN DER GLAS, H. W., BOSMAN, F. & OLTHOFF, L. W. 1992b. Force-deformation properties of artificial and natural foods for testing chewing efficiency. *J Prosthet Dent*, 68, 790-799.
- SLAVICEK, G. 2010. Human mastication. *International journal of stomatology & occlusion medicine*, 3, 29-41.
- SLAVICEK, G. 2020. The influence of occlusion on masticatory efficiency considering relevant influencing factors. *Stomatology Edu Journal*, 7, 197-207.
- SLAVICEK, G., SOYKHER, M., GRUBER, H., SIEGL, P. & OXToby, M. 2009a. Fallstudien zur Analyse des Kauens Teil 1: die Standardanalyse. *Stomatologie*, 106, 119-129.
- SLAVICEK, G., SOYKHER, M., GRUBER, H., SIEGL, P. & OXToby, M. 2009b. A novel standard food model to analyze the individual parameters of human mastication. *International journal of stomatology & occlusion medicine*, 2, 163-174.
- SPEKSNIJDER, C. M., ABBINK, J. H., VAN DER GLAS, H. W., JANSSEN, N. G. & VAN DER BILT, A. 2009. Mixing ability test compared with a comminution test in persons with normal and compromised masticatory performance. *Eur J Oral Sci*, 117, 580-586.
- STATISTISCHES BUNDESAMT 2019. Bevölkerung im Wandel. Annahmen und Ergebnisse der 14. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Statistisches Bundesamt Wiesbaden.
- STAUDTE, H., GÜNTSCH, A., VÖLPEL, A. & SIGUSCH, B. W. 2010. Vitamin C attenuates the cytotoxic effects of *Porphyromonas gingivalis* on human gingival fibroblasts. *Arch Oral Biol*, 55, 40-45.
- STAUDTE, H., SIGUSCH, B. W. & GLOCKMANN, E. 2005. Grapefruit consumption improves vitamin C status in periodontitis patients. *Br Dent J*, 199, 213-217.
- STEFFEL, V. L. 1962. Planning removable partial dentures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 12, 524-535.
- STRUB, J. R., KERN, M., TÜRPEL, J. C., WITKOWSKI, S., HEYDECKE, G. & WOLFART, S. 2011. *Curriculum Prothetik: Band 3*, Berlin, Quintessenz Verlag.
- SZENTPÉTERY, V., LAUTENSCHLÄGER, C. & SETZ, J. 2011. Bewährung von Friktionsteleskopen im stark reduzierten Restgebiss - 5-Jahresergebnisse einer klinischen Studie. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 66, 570.
- SZENTPÉTERY, V. & SETZ, J. 2016. *Das stark reduzierte Restgebiss, Versorgung mit Teleskopprothetik*, Berlin, Quintessenz Verlag-GmbH.

- TADA, A. & MIURA, H. 2017. Association between mastication and cognitive status: A systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 70, 44-53.
- TAKEUCHI, N. & YAMAMOTO, T. 2008. Correlation between periodontal status and biting force in patients with chronic periodontitis during the maintenance phase of therapy. *J Clin Periodontol*, 35, 215-220.
- TALLGREN, A. 1969. Positional changes of complete dentures. A 7-year longitudinal study. *Acta Odontol Scand*, 27, 539-561.
- TALLGREN, A. 1972. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent*, 27, 120-132.
- THE ACADEMY OF PROSTHODONTICS 2017. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J Prosthet Dent*, 117, e1-e105.
- TÜRKER, K. S. 2002. Reflex control of human jaw muscles. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 13, 85-104.
- UNELL, L., JOHANSSON, A., EKBÄCK, G., ORDELL, S. & CARLSSON, G. E. 2015. Dental status and self-assessed chewing ability in 70- and 80-year-old subjects in Sweden. *Journal of Oral Rehabilitation*, 42, 693-700.
- VAN DER BILT, A. 2011. Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: a review. *J Oral Rehabil*, 38, 754-780.
- VAN DER BILT, A., SPEKSNIJDER, C. M., DE LIZ POCZTARUK, R. & ABBINK, J. H. 2012. Digital image processing versus visual assessment of chewed two-colour wax in mixing ability tests. *J Oral Rehabil*, 39, 11-17.
- VEERABOINA, N., DOSHI, D., KULKARNI, S., PATANAPU, S. K., DANTALA, S. N. & SRILATHA, A. 2022. Tooth loss and oral health-related quality of life among adult dental patients: A cross-sectional study. *Indian J Dent Res*, 33, 2-6.
- WAGNER, B. & KERN, M. 2000. Clinical evaluation of removable partial dentures 10 years after insertion: success rates, hygienic problems, and technical failures. *Clin Oral Investig*, 4, 74-80.
- WALLS, A. W., STEELE, J. G., SHEIHAM, A., MARCENES, W. & MOYNIHAN, P. J. 2000. Oral health and nutrition in older people. *J Public Health Dent*, 60, 304-307.
- WANG, Y., BÄUMER, D., OZGA, A. K., KÖRNER, G. & BÄUMER, A. 2021. Patient satisfaction and oral health-related quality of life 10 years after implant placement. *BMC Oral Health*, 21, 1-14.
- WEBER, D., ARYOBSEI, H. & MENGEL, R. 2021. Langzeiterfolg von Doppelkronenversorgungen auf Zähnen hergestellt in studentischen Behandlungskursen - Ergebnisse einer retrospektiven Langzeitstudie. *Quintessenz Zahnmedizin*, 11, 1262-1271.
- WEBER, H. 1994. Kombiniert festsitzend-herausnehmbarer Zahnersatz und alternative Lösungen. In: SCHWENZER, N. (ed.) *Prothetik und Werkstoffkunde: Band 3*. 2 ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag
- WEBER, H. & SETZ, J. 2011. Teilprothetik. In: GERNET, W., BIFFAR, R., SCHWENZER, N. & EHRENFELD, M. (eds.) *Zahnärztliche Prothetik*. 4 ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

- WEISMANN, C., SCHMIDT, M., EFFERT, J., SLAVICEK, G., SLAVICEK, F., SCHULZ, M. C., POETS, C. F., KOOS, B. & ARETXABALETA, M. 2024. Influence of malocclusion and orthodontic treatment in the masticatory efficiency of patients with craniofacial disorders. *Heliyon*, 10, e28321.
- WOLFART, S., MOLL, D., HILGERS, R. D., WOLFART, M. & KERN, M. 2013. Implant placement under existing removable dental prostheses and its effect on oral health-related quality of life. *Clinical oral implants research*, 24, 1354-1359.
- WOLFF, A., JOSHI, R. K., EKSTRÖM, J., AFRAMIAN, D., PEDERSEN, A. M., PROCTOR, G., NARAYANA, N., VILLA, A., SIA, Y. W., ALIKO, A., MCGOWAN, R., KERR, A. R., JENSEN, S. B., VISSINK, A. & DAWES, C. 2017. A Guide to Medications Inducing Salivary Gland Dysfunction, Xerostomia, and Subjective Sialorrhea: A Systematic Review Sponsored by the World Workshop on Oral Medicine VI. *Drugs R D*, 17, 1-28.
- WÖSTMANN, B., MICHEL, K., BRINKERT, B., MELCHHEIER-WESKOTT, A., REHMANN, P. & BALKENHOL, M. 2008. Influence of denture improvement on the nutritional status and quality of life of geriatric patients. *Journal of Dentistry*, 36, 816-821.
- WÖSTMANN, B., SAMIETZ, S., JORDAN, A. R., KUHR, K., NITSCHKE, I. & STARK, H. 2025. Tooth loss and denture status: results of the 6th German Oral Health Study (DMS • 6). *Quintessence Int*, 56, 60-68.
- YURKSTAS, A. & MANLY, R. S. 1950. Value of different test foods in estimating masticatory ability. *Journal of Applied Physiology*, 3, 45-53.

7 Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Tübingen unter Betreuung von Herrn Prof. Dr. Fabian Hüttig durchgeführt. Bei der wissenschaftlichen Arbeit wurde ich von Prof. Dr. Fabian Hüttig und Frau Ltd. Oberärztin Dr. Andrea Klink angeleitet sowie bei Fragen unterstützt.

Die Konzeption der Studie lag vor und wurde entsprechend des multizentrischen Prüfplans an Patienten mit Kombinationszahnersatz in Tübingen durchgeführt.

Die Untersuchungen der Patienten, die Erhebung der Fragebögen und die Bildererstellung der Kauproben wurden eigenständig von mir als auch, im Rahmen des studentischen Nachsorgeprogramms, von Studierenden der Zahnmedizin im 8. und 9. Fachsemester regelhaft unter meiner Aufsicht durchgeführt.

Die Übersetzung (Bildanalyse der Rohdaten) und Verknüpfung der verfügbaren Rohdaten (Wertelieferung von Orehab Minds) sowie der erhobenen Begleitvariablen – auch aus der Datenbank „Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik – Klinische Studie zum kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz“ – und die Konstruktion von Hilfsvariablen wurden mittels Codebuch von mir durchgeführt und in einen Datensatz überführt, gepflegt und auf Plausibilität geprüft.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Hinweisen zur Datenrepräsentation insb. zur Logarithmierung der MEI-Werte und Identifikation der Zielvariablen und Gruppengestaltung in der explorativen Phase, durch mich, unterstützt von Prof. Dr. Fabian Hüttig. Alle Berechnungen, Abbildungen und Tabellen sind durch mich erstellt bzw. angefertigt worden.

Tools basierend auf künstlicher Intelligenz (ChatGPT und Perplexity) kamen ausschließlich zur sprachlichen Überarbeitung einzelner Sätze, Synonymfindung und Kontrolle der Rechtschreibung, jedoch nicht zur Kalkulation oder Interpretation von Daten; ebenso nicht zur Generierung von Abbildungen oder Texten, zum Einsatz.

Ich versichere, das vorliegende Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 06.12.2025

Olivia Woitzky

8 Danksagung

Mein erster Dank geht an Herrn Professor Dr. Fabian Hüttig für die Überlassung des Dissertationsthemas und die Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Des Weiteren gilt mein Dank Frau Oberärztin Dr. Andrea Klink für die Betreuung während der Promotionsphase. Beiden möchte ich im Speziellen dafür danken, dass ich die Möglichkeit hatte, in der prothetischen Abteilung zu arbeiten und die Ressourcen zur Durchführung der Untersuchungen für diese Arbeit nutzen zu können.

Deshalb auch ein Dank an alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Abteilung, die mir stets freundlich und zuvorkommend begegnet sind.

Mein herzlicher Dank gilt meiner gesamten Familie, im Besonderen meinen Eltern und Großeltern sowie meinem Bruder, für die außerordentliche Unterstützung während des gesamten Studiums und der Promotion.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Freunden bedanken, die mich auf meinem Weg durch das Studium und die Promotion begleitet haben.

Interessenkonflikt

Die Firma OREHAB MINDS GmbH, Zettachring 2, Stuttgart, Deutschland (kurz: Orehab Minds), stellte alle zur Durchführung des Kauffunktionstest notwendigen Materialien und Technologien inkl. der erzeugten Rohdaten kostenfrei zur Verfügung. Orehab Minds hat keinen Einfluss auf den Prozess der Datenverarbeitung oder Auswertung genommen und ebenso keine Gegenleistung erwartet, wodurch kein wissenschaftlicher Interessenkonflikt einschlägig wird.

9 Anhang

9.1 Fragebogen Kauffunktionstest



Name des Patienten/Pat.-Nummer



Kontrollblatt Kauffunktionstest

Teil 1: Durchführung Kauffunktionstest

Datum

____. ____ .20__

ID Aufkleber

durch
geführt

Student/
Prüfarzt

Datenprüfung

Dokumente mit Identifikationsnummer beklebt	☐		
Kauffunktionstest durchgeführt (grün,gelb,rot)	☐		
Probenblätter (9 Stück) 2x Fotografiert	☐		
Fragebogen ausgefüllt UND Aufklärungsblätter unterschrieben	☐		

Teil 2: Verarbeitung (Bearbeitung durch Studienleiter)

Fragebogen übertragen (Dateneingabe)	☐	Datum
Upload Fotos	☐	Datum
Case abgeschlossen	☐	Datum

--	--	--	--	--	--

1. Fragebogen: Kaufunktionstest

Angaben zum Patient: Geschlecht m ☐ w ☐ Geburtsdatum

--	--	--	--	--	--

Relevante anamnestische und **medizinische Befunde**.

	ja	nein	nicht bekannt
Das Ernährungsverhalten hat sich in den letzten 12 Monaten deutlich verändert.	☐	☐	☐
Es ist in den letzten 6 Monaten zu einem deutlichen Gewichtsverlust gekommen (>10% des Körpergewichts).	☐	☐	☐
Es werden eine oder mehrere der folgenden Symptome angegeben: Druckgefühl bzw. Völlegefühl im Oberbauch, Übelkeit, Erbrechen, Appetitlosigkeit, Druckschmerz im Magenbereich .	☐	☐	☐
Aufgrund von Allergien und Unverträglichkeiten werden bestimmte Nahrungsmittel vermieden.	☐	☐	☐
Es wurde eine Osteoporose diagnostiziert.	☐	☐	☐
Es wurde eine Herz-Kreislauferkrankungen diagnostiziert.	☐	☐	☐
Es besteht ein Diabetes mellitus .	☐	☐	☐

Sind bei dem Studienteilnehmer relevante **anamnestische Befunde** erhoben worden?

Medikamente	
Magen-Darm Trakt	
Kardio-vaskuläres System	
Zentrales und peripheres Nervensystem	
Metabolische Erkrankungen	
Hormonelle Erkrankungen	
Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises	
Sonstiges	

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Relevante anamnестische Daten bezogen auf **Trauma und Kieferchirurgie?**

- ☐ Schädeltrauma
- ☐ Unterkieferfraktur (ausser Kiefergelenk)
- ☐ Kiefergelenkfraktur rechts
- ☐ Kiefergelenkfraktur links
- ☐ Trauma der Halswirbelsäule
- ☐ Kieferchirurgische Eingriffe: Tumorchirurgie
- ☐ Kieferchirurgische Eingriffe: Orthognathe Chirurgie
- ☐ Plastische Eingriffe im Gesicht bzw. Hals

Trauma im Bereich
Kopf, Nacken, Hals
und/oder Gesicht
Relevante
kieferchirurgische
Maßnahmen wie
Tumorchirurgie oder
orthognathe chirurgische
Maßnahmen

☐ **Keine relevanten Befunde vorhanden**

Liegt eine **Pflegeeinstufung** für diesen Studienteilnehmer vor?

- ☐ **nein**
- ☐ familiär
- ☐ häuslich
- ☐ institutionalisiert (Pflegeheim)

Diese Punkte müssen am
Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem
Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Seite 2 von 10

Tragen Sie die **Befunde für den rechten Oberkiefer (1. Quadrant)** ein.

Verwenden Sie dazu die folgende Codierung:

- v ... vorhanden (Zahn vorhanden)
- f ... fehlend (fehlender Zahn, nicht ersetzt)
- b ... Brückenglied (Zahn mit Brückenglied ersetzt)
- ik ... Implantat festsitzend (Zahn mit Implantat und festsitzendem Zahnersatz ersetzt)
- ie ... Implantat abnehmbar (Zahn mit Implantat und abnehmbarem Zahnersatz ersetzt)
- e ... Prothesenzahn (Zahn mit Prothesenzahn ersetzt)
- s ... Steg + Prothesenzahn (Zahn mit Steg und Prothesenzahn ersetzt)

18 17 16 15 14 13 12 11

Tragen Sie die **Versorgung auf den Zähnen** für den rechten Oberkiefer ein.

- K ... Krone (Teilkrone oder Vollkrone aus allen Materialien)
- V ... Krone mit Verbindungselement (z.B.: Geschiebe, Anker)
- D ... Doppelkrone (alle Arten von Doppelkronen, egal welcher Winkel)
- W ... Wurzelstiftkappe (alle Arten, egal welches Verbindungselement)

18 17 16 15 14 13 12 11

Tragen Sie die **Befunde für den linken Oberkiefer (2. Quadrant)** ein.

Verwenden Sie dazu die folgende Codierung:

- v ... vorhanden (Zahn vorhanden)
- f ... fehlend (fehlender Zahn, nicht ersetzt)
- b ... Brückenglied (Zahn mit Brückenglied ersetzt)
- ik ... Implantat festsitzend (Zahn mit Implantat und festsitzendem Zahnersatz ersetzt)
- ie ... Implantat abnehmbar (Zahn mit Implantat und abnehmbarem Zahnersatz ersetzt)
- e ... Prothesenzahn (Zahn mit Prothesenzahn ersetzt)
- s ... Steg + Prothesenzahn (Zahn mit Steg und Prothesenzahn ersetzt)

28 27 26 25 24 23 22 21

Tragen Sie die **Versorgung auf den Zähnen** für den linken Oberkiefer ein.

- K ... Krone (Teilkrone oder Vollkrone aus allen Materialien)
- V ... Krone mit Verbindungselement (z.B.: Geschiebe, Anker)
- D ... Doppelkrone (alle Arten von Doppelkronen, egal welcher Winkel)
- W ... Wurzelstiftkappe (alle Arten, egal welches Verbindungselement)

28 27 26 25 24 23 22 21

 Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

 Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Tragen Sie die **Befunde für den rechten Unterkiefer (4. Quadrant)** ein.

Cave!!! Hier zuerst 4.Quadrant, dann 3. Quadrant!

- v ... vorhanden (Zahn vorhanden)
- f ... fehlend (fehlender Zahn, nicht ersetzt)
- b ... Brückenglied (Zahn mit Brückenglied ersetzt)
- ik ... Implantat festsitzend (Zahn mit Implantat und festsitzendem Zahnersatz ersetzt)
- ie ... Implantat abnehmbar (Zahn mit Implantat und abnehmbarem Zahnersatz ersetzt)
- e ... Prothesenzahn (Zahn mit Prothesenzahn ersetzt)
- s ... Steg + Prothesenzahn (Zahn mit Steg und Prothesenzahn ersetzt)

48 47 46 45 44 43 42 41

Tragen Sie die **Versorgung auf den Zähnen** für den rechten Unterkiefer ein.

- K ... Krone (Teilkrone oder Vollkrone aus allen Materialien)
- V ... Krone mit Verbindungselement (z.B.: Geschiebe, Anker)
- D ... Doppelkrone (alle Arten von Doppelkronen, egal welcher Winkel)
- W ... Wurzelstiftkappe (alle Arten, egal welches Verbindungselement)

48 47 46 45 44 43 42 41

Tragen Sie die **Befunde für den linken Unterkiefer (3. Quadrant)** ein.

- v ... vorhanden (Zahn vorhanden)
- f ... fehlend (fehlender Zahn, nicht ersetzt)
- b ... Brückenglied (Zahn mit Brückenglied ersetzt)
- ik ... Implantat festsitzend (Zahn mit Implantat und festsitzendem Zahnersatz ersetzt)
- ie ... Implantat abnehmbar (Zahn mit Implantat und abnehmbarem Zahnersatz ersetzt)
- e ... Prothesenzahn (Zahn mit Prothesenzahn ersetzt)
- s ... Steg + Prothesenzahn (Zahn mit Steg und Prothesenzahn ersetzt)

38 37 36 35 34 33 32 31

Tragen Sie die **Versorgung auf den Zähnen** für den linken Unterkiefer ein.

- K ... Krone (Teilkrone oder Vollkrone aus allen Materialien)
- V ... Krone mit Verbindungselement (z.B.: Geschiebe, Anker)
- D ... Doppelkrone (alle Arten von Doppelkronen, egal welcher Winkel)
- W ... Wurzelstiftkappe (alle Arten, egal welches Verbindungselement)

38 37 36 35 34 33 32 31

 Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

 Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Prothetische Versorgung im Oberkiefer.

- ☐ Weitestgehend **natürliche Bezahnung** mit **minimalen Restaurationen**
- ☐ Weitestgehend natürliche Bezahnung, versorgt mit **Füllungen und Teilkronen**
- ☐ Festsitzende Versorgung mit **Kronen und Brücken**
- ☐ Metallgerüstprothese (**ESG**),
- ☐ Klammerzahnprothese (**Kunststoff, IM Prothese, Valplast**)
- ☐ Kombinations-**Zahnersatz mit Geschiebe** und ähnlichen Haltelementen
- ☐ Abnehmbarer Zahnersatz auf **Teleskopen**
- ☐ Abnehmbarer Zahnersatz auf **Stegkonstruktionen**
- ☐ **Totalprothese**
- ☐ **Lückengebiss ohne prothetische Versorgung**

Prothetische Versorgung im Unterkiefer.

- ☐ Weitestgehend **natürliche Bezahnung** mit **minimalen Restaurationen**
- ☐ Weitestgehend natürliche Bezahnung, versorgt mit **Füllungen und Teilkronen**
- ☐ Festsitzende Versorgung mit **Kronen und Brücken**
- ☐ Metallgerüstprothese (**ESG**),
- ☐ Klammerzahnprothese (**Kunststoff, IM Prothese, Valplast**)
- ☐ Kombinations-**Zahnersatz mit Geschiebe** und ähnlichen Haltelementen
- ☐ Abnehmbarer Zahnersatz auf **Teleskopen**
- ☐ Abnehmbarer Zahnersatz auf **Stegkonstruktionen**
- ☐ **Totalprothese**
- ☐ **Lückengebiss ohne prothetische Versorgung**

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Beschreibungsmöglichkeit zur prothetischen Versorgung.

Hier haben Sie die Möglichkeit, die prothetische Versorgung des Studienteilnehmers noch näher zu beschreiben.
Freier Texteintrag

Prothetische Versorgung des Oberkiefers

Prothetische Versorgung des Unterkiefers

Wie schätzen Sie den (prothetischen) Sanierungsbedarf?

- Hochgradiger Sanierungsbedarf = umfangreiche Rehabilitation mit **Neuanfertigung** der Prothesen notwendig
- Mittelgradiger Sanierungsbedarf = prothetisch-restaurative Maßnahmen unter **Einbeziehung des Dentallabors**.
- Geringgradiger Sanierungsbedarf = prothetisch-restaurative Maßnahmen erforderlich, die **direkt am Behandlungsstuhl** möglich
- Es besteht **kein Sanierungsbedarf**

Hochgradiger
Sanierungsbedarf

Mittelgradiger
Sanierungsbedarf

Geringgradiger
Sanierungsbedarf

Es besteht kein
Sanierungsbedarf

Im Oberkiefer

☐
☐
☐
☐

Im Unterkiefer

☐
☐
☐
☐

Wie ist der parodontale Status des Studienteilnehmers?

Parodontal **erkrankt** liegt vor, wenn

- 1) eine erhöhte **Sondierungstiefe (über 3mm)** vorliegt; oder
- 2) eine **BoP (Bleeding on Probing)** im Quadrant vorliegt; oder
- 3) eine erhöhte **Beweglichkeit (° II-III)** im Quadrant vorliegt; oder
- 4) ein **Furkationsbefall** im Quadrant vorliegt.

	Parodontal gesund	Parodontal erkrankt	Kein Befund
Quadrant 1 (OK rechts)	☐	☐	☐
Quadrant 2 (OK links)	☐	☐	☐
Quadrant 3 (UK links)	☐	☐	☐
Quadrant 4 (UK rechts)	☐	☐	☐

Diese Punkte müssen am
Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem
Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Befund der **Bisslage in der Sagittalebene** auf Basis der Klassifikation nach *Angle*.

	Angle Klasse I (Neutralokklusion)	Angle Klasse II/1 (Distalokklusion)	Angle Klasse II/2 (Distalokklusion)	Angle Klasse III (Mesialokklusion)
Rechts	☐	☐	☐	☐
Links	☐	☐	☐	☐

Kreuzbiss: Es liegt ein Kreuzbiss vor?

- ☐ **Kein Kreuzbiss**
- ☐ Kreuzbiss auf der **rechten** Seite
- ☐ Kreuzbiss auf der **linken** Seite
- ☐ Kreuzbiss **beidseits**
- ☐ **Anteriorer** Kreuzbiss

Beurteilen Sie die **Okklusalen Strukturen im jeweiligen Quadranten**



A

B

C

D

Quadrant

Buchstabe

**Nicht
vorhanden**

1

2

3

4



☐

☐

☐

☐

Diese Punkte müssen am
Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem
Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Seite 7 von 10

Hatten Sie im vergangenen Monat aufgrund von **Problemen mit Ihren Zähnen**,
im **Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz** ...

	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
Schwierigkeiten bestimmte Worte auszusprechen ?	☐	☐	☐	☐	☐
das Gefühl, Ihr Geschmacksinn war beeinträchtigt?	☐	☐	☐	☐	☐
den Eindruck, dass Ihr Leben ganz allgemein weniger zufriedenstellend war?	☐	☐	☐	☐	☐
Schwierigkeiten zu entspannen ?	☐	☐	☐	☐	☐

Ist es im vergangenen Monat aufgrund von **Problemen mit Ihren Zähnen**,
im Mundbereich oder mit **Ihrem Zahnersatz** vorgekommen,

	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
dass Sie sich angespannt gefühlt haben?	☐	☐	☐	☐	☐
dass Sie Ihre Mahlzeiten unterbrechen mussten?	☐	☐	☐	☐	☐
dass es Ihnen unangenehm war, bestimmte Nahrungsmittel zu essen?	☐	☐	☐	☐	☐
dass Sie anderen Menschen gegenüber eher reizbar gewesen sind?	☐	☐	☐	☐	☐
dass es Ihnen schwergefallen ist, Ihren alltäglichen Beschäftigungen nachzugehen ?	☐	☐	☐	☐	☐
dass Sie vollkommen unfähig waren, etwas zu tun?	☐	☐	☐	☐	☐
dass Sie sich ein wenig verlegen gefühlt haben?	☐	☐	☐	☐	☐
dass Ihre Ernährung unbefriedigend gewesen ist?	☐	☐	☐	☐	☐

Hatten Sie im vergangenen Monat

	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
Schmerzen im Mundbereich ?	☐	☐	☐	☐	☐
ein Gefühl der Unsicherheit in Zusammenhang mit Ihren Zähnen, Ihrem Mund oder Ihrem Zahnersatz ?	☐	☐	☐	☐	☐

Diese Punkte müssen am
Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem
Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Parodontalstatus: **Sondierungstiefe (probing depth).**

Tragen Sie die **durchschnittliche** Sondierungstiefe pro Quadrant (Q) ein.
Quadranten 1 - 4s.

Q1

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Q2

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Q3

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Q4

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Parodontalstatus: **Rezessionen der Gingiva (regression of gingival margin).**

Tragen Sie die **durchschnittlichen** gingivalen Rezessionen pro Quadrant (Q) ein.

Q1

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Q2

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Q3

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Q4

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Parodontalstatus: **Blutung bei Sondierung (bleeding on probing BOP).**

Tragen Sie die **durchschnittlichen Werte** für die Blutung bei Sondierung pro Quadrant (Q) ein.

Q1

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Q2

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Q3

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Q4

☐ 1-3mm ☐ 4-6mm ☐ 7-9mm ☐ ≥ 10 mm

Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Seite 9 von 10

Parodontalstatus: **Furkationsbeteiligung in einem Quadranten?.**

Quadrant	vorhanden	Nicht vorhanden
1	☐	☐
2	☐	☐
3	☐	☐
4	☐	☐



Parodontalstatus: **Mobilität der Zähne (Lockerung).**

Tragen Sie die durchschnittliche Mobilität der Zähne pro Quadrant (Q) ein.
 Grad 0: physiologisch, nicht erhöhte Zahnmobilität; Grad 1: gerade fühlbar erhöhte Mobilität;
 Grad 2: sichtbar erhöhte Mobilität; Grad 3: stark erhöhte Mobilität, auch vertikal.

Q1	☐ Grad 0	☐ Grad 1	☐ Grad 2	☐ Grad 3
Q2	☐ Grad 0	☐ Grad 1	☐ Grad 2	☐ Grad 3
Q3	☐ Grad 0	☐ Grad 1	☐ Grad 2	☐ Grad 3
Q4	☐ Grad 0	☐ Grad 1	☐ Grad 2	☐ Grad 3



 Diese Punkte müssen am Patienten erfasst werden

 Die Informationen können auch aus dem Kombi-ZE Bogen übernommen werden

Seite 10 von 10

9.2 Tabellen

Tabelle 8: Gruppengröße, Patientenalter in Jahren, Anzahl und Tragedauer der Doppelkronenprothesen sowie Zahn- und DK-Anzahl differenziert nach Gruppen und Kiefer (A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer, Andere: Sonstige Prothesen im Gegenkiefer), (n = 163).

Gruppe	Patienten (n)	Alter in Jahren (Durchschnitt)	DK Prothesen (N)	Tragedauer in Monaten (Durchschnitt)	Oberkiefer		Unterkiefer	
					Zahnanzahl (Durchschnitt)	Anzahl der DK (Durchschnitt)	Zahnanzahl (Durchschnitt)	Anzahl der DK (Durchschnitt)
Gruppe A	77	68,0	154	34	4,9	4,5	5,9	4,4
Gruppe B	68	69,3	68	51	8,3	2,8	9,1	2,1
Gruppe C	11	70,5	11	59	0,4	0,4	4,4	4,1
Andere	7	74,7	7	84	5,4	3,4	6,4	0,7

Tabelle 9: MEI-Werte (Np/mm²) der Doppelkronen (DK-) Gruppen mit Aufschlüsselung nach Härtegrad. (A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer), (n = 156).

DK-Prothesen	Patienten (n)	MEI (Np/mm ²)			Durchschnittlicher MEI je Kauzyklus		
		Median	Mittelwert	Std. - Abw.	weich	mittel	hart
Gruppe A	77	0.06	0.21	0.35	0.11	0.09	0.05
Gruppe B	68	0.14	0.80	1.64	0.36	0.28	0.21
Gruppe C	11	0.17	0.20	0.19	0.12	0.08	0.04

Tabelle 10: Anzahl (N) zerkleinerter Teilchen (gesamt, weich, mittel, hart) aufgeschlüsselt in Gruppen A - C (A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer), (n = 156).

DK-Prothesen	Gesamtanzahl N (aller 9 Zyklen)			N (weich)			N (mittel)			N (hart)		
	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.
Gruppe A	18	30	28	7	12	12	6	11	13	4	7	7
Gruppe B	31	56	64	11	21	25	12	19	22	6	15	21
Gruppe C	31	31	22	11	13	12	10	11	8	7	8	5

Tabelle 11: Flächenwerte (mm²) der zerkleinerten Teilchen (aller 9 Zyklen, weich, mittel, hart) nach Gruppen A - C (A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer), (n = 156).

DK-Prothesen	Fläche mm ² (aller 9 Zyklen)			Fläche mm ² (weich)			Fläche mm ² (mittel)			Fläche mm ² (hart)		
	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.
Gruppe A	306,30	288,15	116,72	292,64	287,61	147,16	294,55	289,78	129,12	361,67	321,25	122,71
Gruppe B	209,39	229,06	138,12	186,55	232,29	165,32	195,34	236,51	155,62	269,84	266,60	142,28
Gruppe C	179,04	256,70	131,02	168,29	245,55	149,37	199,28	251,35	138,01	257,60	283,36	124,85

Tabelle 12: Gruppengröße, Patientenalter in Jahren, Anzahl und Tragedauer der Doppelkronenprothesen sowie Zahn- und DK-Anzahl, differenziert nach Gruppen und Kiefer. (BR: reduzierte Dentition in beiden Kiefern, OR: reduzierte Dentition in nur einem Kiefer, NR: reduzierte Dentition in keinem Kiefer), (n = 156).

Reduziertes Restgebiss	Patienten (n)	Alter in Jahren (Durchschnitt)	Tragedauer In Monaten (Durchschnitt)	Oberkiefer		Unterkiefer	
				Zahnanzahl (Durchschnitt)	Anzahl der DK (Durchschnitt)	Zahnanzahl (Durchschnitt)	Anzahl der DK (Durchschnitt)
Beide Kiefer (BR)	24	68,08	45,13	3,29	2,71	5,75	3,00
Ein Kiefer (OR)	68	69,45	53,17	6,24	2,57	6,38	3,19
Kein Kiefer (NR)	64	68,29	31,92	6,89	4,66	8,66	3,77

Tabelle 13: MEI-Werte (Np/mm²) der Reduzierten Restgebiss (RR-) Gruppen mit Aufschlüsselung nach Härtegrad. (BR: reduzierte Dentition in beiden Kiefern, OR: reduzierte Dentition in nur einem Kiefer, NR: reduzierte Dentition in keinem Kiefer), (n = 156).

Reduziertes Restgebiss	Patienten (n)	MEI (Np/mm ²)			Durchschnittlicher MEI je Kauzyklus		
		Median	Mittelwert	Std. - Abw.	weich	mittel	hart
Beide Kiefer (BR)	24	0,06	0,16	0,21	0,09	0,06	0,04
Ein Kiefer (OR)	68	0,06	0,32	0,81	0,13	0,13	0,09
Kein Kiefer (NR)	64	0,15	0,73	1,55	0,37	0,25	0,18

Tabelle 14: Anzahl (N) zerkleinerter Teilchen (gesamt, weich, mittel, hart) nach Reduzierten Restgebiss (RR-) Gruppen. (BR: reduzierte Dentition in beiden Kiefern, OR: reduzierte Dentition in nur einem Kiefer, NR: reduzierte Dentition in keinem Kiefer), (n = 156).

Reduziertes Restgebiss	Gesamtanzahl N (aller 9 Zyklen)			N (weich)			N (mittel)			N (hart)		
	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.
Beide Kiefer	20	27	21	7	11	10	7	9	7	4	7	6
Ein Kiefer	19	34	40	6	13	15	7	13	17	4	9	12
Kein Kiefer	31	54	61	10	22	24	14	18	20	7	14	20

Tabelle 15: Flächenwerte (mm²) der zerkleinerten Teilchen (aller 9 Zyklen, weich, mittel, hart) nach Reduzierten Restgebiss (RR-) Gruppen (BR: reduzierte Dentition in beiden Kiefern, OR: reduzierte Dentition in nur einem Kiefer, NR: reduzierte Dentition in keinem Kiefer), (n = 156).

Reduziertes Restgebiss	Fläche mm ² (aller 9 Zyklen)			Fläche mm ² (weich)			Fläche mm ² (mittel)			Fläche mm ² (hart)		
	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.	Median	Mittelwert	Std. - Abw.
Beide Kiefer	310,95	297,84	118,88	333,73	301,94	164,36	274,46	290,05	119,73	365,62	314,66	122,35
Ein Kiefer	309,07	282,96	128,99	296,15	289,14	153,86	288,39	279,13	137,29	360,15	314,61	136,91
Kein Kiefer	209,30	221,83	126,50	186,55	214,60	147,68	183,00	237,79	155,13	260,72	266,19	130,77

Tabelle 16: Patientenzahl (n) und MEI (Np/mm²) der reduzierte Restgebissgruppen, Unterteilung dieser nach Doppelkronen (DK-) Gruppe (A: Kombi-ZE in beiden Kiefern, B: Kombi-ZE in einem Kiefer und festsitzender Zahnersatz oder natürliche Bezahnung im Gegenkiefer, C: Totalprothese in einem und Kombi-ZE im Gegenkiefer), (n = 156).

DK-Prothesen	Reduziertes Restgebiss Beide Kiefer (BR)		Reduziertes Restgebiss Ein Kiefer (OR)		Reduziertes Restgebiss Kein Kiefer (NR)	
	Patienten (n)	MEI (Np/mm ²) Mittelwert	Patienten (N)	MEI (Np/mm ²) Mittelwert	Patienten (N)	MEI (Np/mm ²) Mittelwert
Gruppe A	24	0,16	31	0,26	22	0,17
Gruppe B	0	.	31	0,43	37	1,12
Gruppe C	0	.	6	0,12	5	0,30