

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie - Plastische Operationen - der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Kurze Implantate im Oberkiefer versus Implantate in Standardlänge mit Sinuslift.
Eine klinische Studie.

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

Vorgelegt von

Nina Celine Lucienne Hill
aus Esslingen a.N.

Mainz, 2022

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

12. Juli 2022

Gewidmet meinen Eltern

Abkürzungsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
1 Einleitung.....	5
2 Literaturdiskussion	7
2.1 Osseointegration und Implantatstabilisierung	7
2.2 Kieferknochen	9
2.3 Erfolgskriterien.....	11
2.4 Klassifikation von Misserfolgen.....	16
2.5 Früh- und Spätversagen	17
2.6 Kieferhöhlenbodenaugmentation.....	21
2.7 Definition und historische Betrachtung kurzer Implantate	24
2.8 Das Kronen-Implantat-Verhältnis und Knochendichteveränderungen	27
2.9 Kurze Implantate versus Implantate in Standardlänge mit Sinuslift	31
2.10 Ziel der Arbeit.....	36
3 Material und Methoden	37
3.1 Studiendesign	37
3.2 Patientenkollektiv	38
3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien	38
3.2.2 Geschlechterverteilung	39
3.2.3 Altersverteilung.....	39
3.2.4 Implantatlänge	40
3.2.5 Implantatdurchmesser	42
3.2.6 Sinuslift und Augmentation.....	43
3.2.7 Einheilmodus	44
3.2.8 Implantationszeitpunkt	45
3.3 Datenerhebung	46
3.3.1 Mobilität.....	47
3.3.2 Perkussion	48
3.3.3 Modifizierter Plaqueindex nach <i>Mombelli</i>	48
3.3.4 Modifizierter Approximalraum-Plaque-Index (API) nach <i>Lange et al.</i>	49
3.3.5 Modifizierter Sulkusblutungsindex nach <i>Mombelli</i>	50
3.3.6 Sondierungstiefe	50
3.3.7 Röntgenologische Ermittlung des marginalen Knochenverlustes	52
3.3.8 Fragebögen.....	55
3.4 Datenverarbeitung und statistische Auswertung	57
4 Ergebnisse	59

4.1	Implantatüberleben	59
4.2	Ergebnisse der röntgenologischen Nachuntersuchung	62
4.3	Klinische Ergebnisse des nachuntersuchten Kollektivs	64
4.3.1	Mobilität	64
4.3.2	Perkussion	64
4.3.3	Modifizierter Plaqueindex nach <i>Mombelli</i>	64
4.3.4	Modifizierter Approximalraum-Plaque-Index (API) nach <i>Lange et al.</i>	65
4.3.5	Modifizierter Sulkusblutungsindex nach <i>Mombelli</i>	65
4.3.6	Sondierungstiefe	66
4.4	Ergebnisse der Fragebögen	68
4.4.1	OHIP-G14	68
4.4.2	Selbsterstellter Fragebogen	68
5	Diskussion	70
5.1	Implantatüberleben	70
5.2	Ergebnisse der röntgenologischen Nachuntersuchung	76
5.3	Klinische Ergebnisse des nachuntersuchten Kollektivs	80
5.3.1	Mobilität	80
5.3.2	Perkussion	80
5.3.3	Modifizierter Plaqueindex nach <i>Mombelli</i>	81
5.3.4	Modifizierter Approximalraum-Plaque-Index (API) nach <i>Lange et al.</i>	82
5.3.5	Modifizierter Sulkusblutungsindex nach <i>Mombelli</i>	83
5.3.6	Sondierungstiefe	84
5.4	Ergebnisse der Fragebögen	85
5.4.1	OHIP-G14	85
5.4.2	Selbsterstellter Fragebogen	86
5.4.2.1	Patientenbezogene Risikofaktoren	86
5.4.2.2	Allgemeine Patientenzufriedenheit	89
6	Zusammenfassung	91
7	Quellenverzeichnis	93
8	Anhang	105
8.1	Selbsterstellter Fragebogen	105
8.2	OHIP-G 14 Fragebogen	107
9	Danksagung	108

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ausschl.	ausschließlich
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CT	Computertomographie
C/I ratio	crown-to-implant ratio (Englisch: Verhältnis von Kronen- zu Implantatlänge)
DVT	digitale Volumentomographie
et al.	et alii (Latein: und andere)
EuCC	Europäische Konsensuskonferenz
g	Gramm
lp/mm	Linienpaare pro Millimeter
mm	Millimeter
N	Newton
N.	Nervus
PTV	Periotest Value
SD	Standard deviation (Englisch: Standardabweichung)
SPS	sintered porous surface (Englisch: gesinterte poröse Oberfläche)
TPS	Titanium plasma-sprayed (Englisch: Titan-Plasma-Spritzschicht)
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 2-1: Elektronenmikroskopisches Bild des periimplantären Gewebes bei bindegewebiger Einheilung in Formalinfixierung (37)</i>	<i>8</i>
<i>Mit freundlicher Genehmigung der Quintessenz Verlags-GmbH</i>	
<i>Abbildung 2-2: Resorptionsgrade eines Kiefers nach Lekholm und Zarb (35).....</i>	<i>9</i>
<i>Mit freundlicher Genehmigung der Quintessenz Verlags-GmbH</i>	
<i>Abbildung 2-3: Klassifikation des qualitativen Knochenangebotes nach Lekholm und Zarb (35)</i>	<i>9</i>
<i>Mit freundlicher Genehmigung der Quintessenz Verlags-GmbH</i>	
<i>Abbildung 2-4: Externer Sinuslift (33)</i>	<i>21</i>
<i>Mit freundlicher Genehmigung der Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München</i>	
<i>Abbildung 2-5: Interner Sinuslift (81)</i>	<i>22</i>
<i>Mit freundlicher Genehmigung von John Wiley and Sons</i>	
<i>Abbildung 2-6: Unterschied zwischen dem anatomischen Kronen-Implantat-Verhältnis und klinischem Kronen-Implantat-Verhältnis (22)</i>	<i>27</i>
<i>Mit freundlicher Genehmigung von John Wiley and Sons</i>	
<i>Abbildung 2-7: Schema der vermuteten Pathophysiologie des marginalen Knochenabbaus in Zusammenhang mit einem unvoreilhaftem anatomischen Kronen-Implantat-Verhältnis (22)</i>	<i>30</i>
<i>Mit freundlicher Genehmigung von John Wiley and Sons</i>	
<i>Abbildung 3-1: Übersicht über das Patientenkollektiv.....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 3-2: Geschlechterverteilung des Gesamtkollektivs</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 3-3: Längenverteilung Implantate in Standardlänge mit Sinuslift.....</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 3-4: Längenverteilung der kurzen Implantate</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 3-5: Durchmesserverteilung der verschiedenen Implantatgruppen</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 3-6: Durchgeführte Augmentationsmaßnahmen in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift.....</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 3-7: Ermittelte Einheilmodi der untersuchten Implantate</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 3-8: Ermittelter Implantationszeitpunkt der untersuchten Implantate.....</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 3-9: Histologische Darstellung einer Sonde in situ bei physiologischen Schleimhautverhältnissen (links) und Periimplantitis (rechts) (142).....</i>	<i>51</i>
<i>Mit freundlicher Genehmigung von John Wiley and Sons</i>	
<i>Abbildung 3-10: Röntgenologische Ermittlung des marginalen Knochenverlustes</i>	<i>53</i>
<i>Abbildung 3-11: Von den Patienten im Recall ausgefüllte Fragebögen.....</i>	<i>55</i>
<i>Abbildung 4-1 Kumulative Überlebensrate der Test- und Kontrollgruppe. Cut-off time: 120 Monate.....</i>	<i>59</i>
<i>Abbildung 4-2: Durchschnittlicher marginaler Knochenverlust in mm</i>	<i>63</i>
<i>Abbildung 4-3: Box-Whisker-Plot des marginalen Knochenverlusts beider Implantatgruppen</i>	<i>63</i>
<i>Abbildung 4-4: Durchschnittliche Sondierungstiefen in mm.....</i>	<i>66</i>
<i>Abbildung 4-5: Box-Whisker-Plot der Sondierungstiefen beider Implantatgruppen</i>	<i>67</i>

1 Einleitung

Ein deutlich verringertes Knochenvolumen durch Resorptions- und Modellierungsvorgänge nach Zahnextraktionen stellt eine zentrale Herausforderung in der zahnärztlichen Implantologie dar. Dabei galt über Jahre hinweg der Sinuslift aufgrund seiner hohen Vorhersagbarkeit, mit Überlebensraten von über 90% nach 5 Jahren (1-3), als Goldstandard zur Implantatversorgung in der atrophierten posterioren Maxilla.

Nachteile eines solchen Sinuslifts bestehen in der Voraussetzung einer gewissen Expertise von Seiten des Chirurgen*, um Komplikationen wie eine mögliche Schädigung anatomischer Strukturen, Weichgewebsdehiszenzen mit Infektionen des Augmentates oder chronische Sinusitiden zu vermeiden (4). Durch Augmentationen kommt es darüber hinaus zu einer verlängerten Behandlungszeit, erhöhten Kosten und einer erhöhten Patientenmorbidity (5-7).

Eine Therapiealternative besteht in der Insertion kurzer Implantate, welche den Verzicht auf eine vertikale Augmentation ermöglichen können. Kurze Implantate wurden von der 13. Europäischen Konsensuskonferenz (EuCC) als Implantate mit einer Länge bis einschließlich 8 mm definiert (8). Durch die Vermeidung von Augmentationen können sich durch die Verwendung von kurzen Implantaten insbesondere das Behandlungsrisiko (9), die Patientenmorbidity (5-7), die Anzahl der Eingriffe (6), sowie die Behandlungsdauer und Behandlungskosten (5-7) verringern. Zusätzlich können durch die Verwendung von kurzen Implantaten mechanische, immunologische und biologische Problematiken, die mit der Verwendung von Knochenersatzmaterialien einhergehen können, vermieden werden (4).

Ältere Studien verbanden oft kurze Implantate mit geringeren Überlebensraten (10-19). Dabei wurde eine Zunahme des Implantatüberlebens mit einer Zunahme an Implantatlänge beobachtet (10, 14, 15, 17). Dies wurde oft mit dem vermehrten Einsatz kurzer Implantate unter erschwerten anatomischen Bedingungen begründet (11, 14, 16). Außerdem kann die geringe Implantatoberfläche, mit der damit einhergehenden geringeren Knochen-Implantat-Kontaktfläche, zu einer ungünstigen Kraftverteilung der auf die Suprakonstruktion auftreffenden Kräfte führen (20). Ein solches großes Kronen-Implantat-Verhältnis kann mit

* In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich miteinbezogen.

einer schlechteren Überlebensrate verbunden sein (20). Dem widersprach jedoch eine Studie zum Einfluss des Kronen-Implantat-Verhältnisses (C/I), die einen größeren Knochenverlust an Implantaten mit $C/I \leq 1$ als an Implantaten mit $C/I > 1$ in der Maxilla beobachtete ($p < 0,05$) (21). Dies wurde damit begründet, dass Spannungskonzentrationen durch Kaukräfte am Knochenkamm die Knochenbildung um das Implantat stimulieren (22). Des Weiteren konnten durch Variationen der chirurgischen Präparation, des Implantatdurchmessers und der Oberflächenbeschaffenheit verschiedene Kompensationsmechanismen entwickelt werden, welche dem kurzen Implantat eine größere Knochen-Implantat-Kontaktfläche verschaffen (23) und so das Implantatüberleben kurzer Implantate verbessern konnten.

Neuere Studien, die kurze Implantate mit Implantaten in Standardlänge in Kombination mit Sinuslift verglichen, konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Implantatüberlebens und des periimplantären Knochenverlustes feststellen (24-26). Da diese Vergleichsstudien jedoch oft sehr kleine Testgruppen bei kurzen Beobachtungs- bzw. Nachuntersuchungszeiträumen aufwiesen, sollte im Rahmen dieser Dissertation das Implantatüberleben beider Gruppen durch retrospektive statistische Analyse und klinische Follow-up Untersuchungen verglichen werden. Ziel der Studie sollte der Vergleich des Implantatüberlebens zwischen kurzen Implantaten im Oberkiefer und Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift sein. Es sollte untersucht werden, ob kurze Implantate langfristig eine begründete Alternative zu Standardimplantaten mit Sinuslift darstellen.

2 Literaturdiskussion

2.1 Osseointegration und Implantatstabilisierung

Zur Bewertung des Implantaterfolgs wird in vielen Kriterien die Implantatstabilität herangezogen (27-32). Dies ist daher Voraussetzung für die Auseinandersetzung mit den Implantaterfolgskriterien. Zum Verständnis des Zustandekommens einer solchen Implantatstabilisierung muss zwischen einer Primärstabilität, Sekundärstabilität und Tertiärstabilität unterschieden werden.

Die Primärstabilität entsteht unmittelbar mit der Implantation eines Implantates durch mechanische Retentionen basierend auf Klemmwirkungen, Reibungen, Unterschnitten und der Retention durch das Implantatgewinde (33). Folglich wird die Primärstabilität maßgeblich von der Knochenquantität und -qualität des Implantatlagers, sowie dem Implantatdesign, der Oberflächenbeschaffenheit, dem chirurgischen Vorgehen und der Expertise des jeweiligen Operateurs bestimmt (34).

Demgegenüber stellt die Sekundärstabilität eine biologische Retention durch Osseointegration nach der knöchernen Einheilung dar (33). Die Osseointegration wurde von Brånemark 1985 als „direkter funktioneller und struktureller Verbund zwischen dem organisierten, lebenden Knochengewebe und der Oberfläche eines belasteten Implantates“ definiert (35). Dabei stellen eine ausreichende Primärstabilität zur Vermeidung überkritischer Relativbewegungen und ein vitales, regenerationsfähiges Implantatlager die Grundlage zur Schaffung eines solchen Knochen-Implantat-Verbundes dar (33). In Abhängigkeit von Implantatumgebung und Immobilität der Knochen-Implantat-Kontaktfläche entwickeln sich aus pluripotenten mesenchymalen Zellen entweder Fibroblasten, welche zu einer bindegewebigen Einheilung führen, oder Osteoblasten, welche eine Osseointegration ermöglichen (36). *Esposito et al.* verglichen die bindegewebige Einheilung eines Implantates mit der Bildung von Pseudarthrosen mit unzureichend stabilisierten Knochenenden in der Frakturheilung (37). Abbildung 2-1 stellt das periimplantäre Gewebe, in Form einer dichten Bindegewebskapsel eines bindegewebig eingeeilten Implantates dar. Das Oberkieferimplantat der teilbezahnten 62-jährigen Raucherin war zum Zeitpunkt der Abutmentverbindung, mit Ausnahme einer erhöhten Mobilität, asymptomatisch. Zum Zeitpunkt der Implantation wurde bereits eine mangelhafte Knochenqualität und

Knochenquantität (klassifiziert als C/4 nach *Lekholm* und *Zarb*) und eine schlechte Primärstabilität notiert (37).

Unter der Tertiärstabilität versteht man wiederum die funktionelle Integration unter Belastung im weiteren Verlauf (33). Hierbei kommt es durch Knochenremodelling zu einer funktionellen Ausrichtung und veränderten Ausprägung der Knochenanlagerung an der Knochen-Implantat-Kontaktfläche (33).

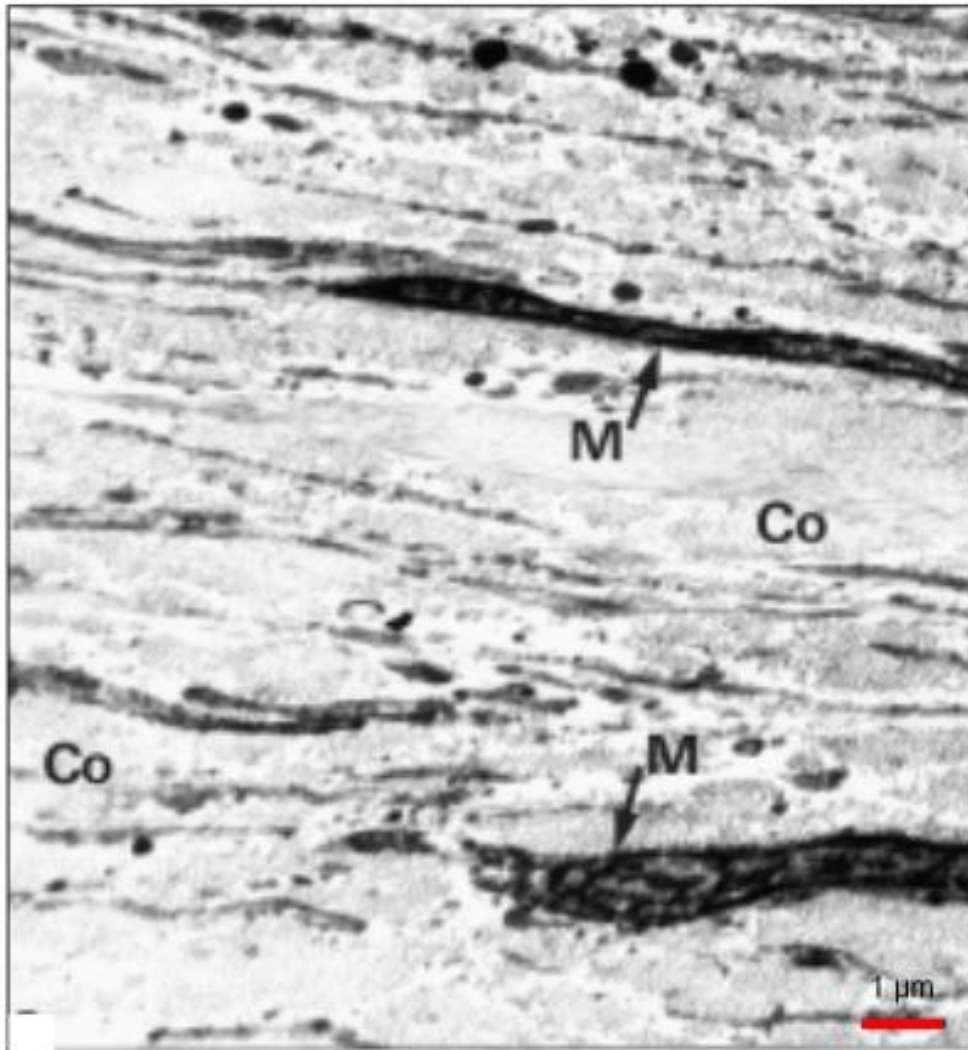


Abbildung 2-1: Elektronenmikroskopisches Bild des periimplantären Gewebes bei bindegewebiger Einheilung in Formalinfixierung. Kollagenfasern (Co) trennen längliche Fibroblasten und Makrophagen (M). (37)

2.2 Kieferknochen

Die Kieferkontur und Qualität des Knochenangebots spielen eine entscheidende Rolle in der Gewährleistung einer ausreichenden Primärstabilität und lassen sich nach *Lekholm* und *Zarb* wie folgt einteilen: (35)

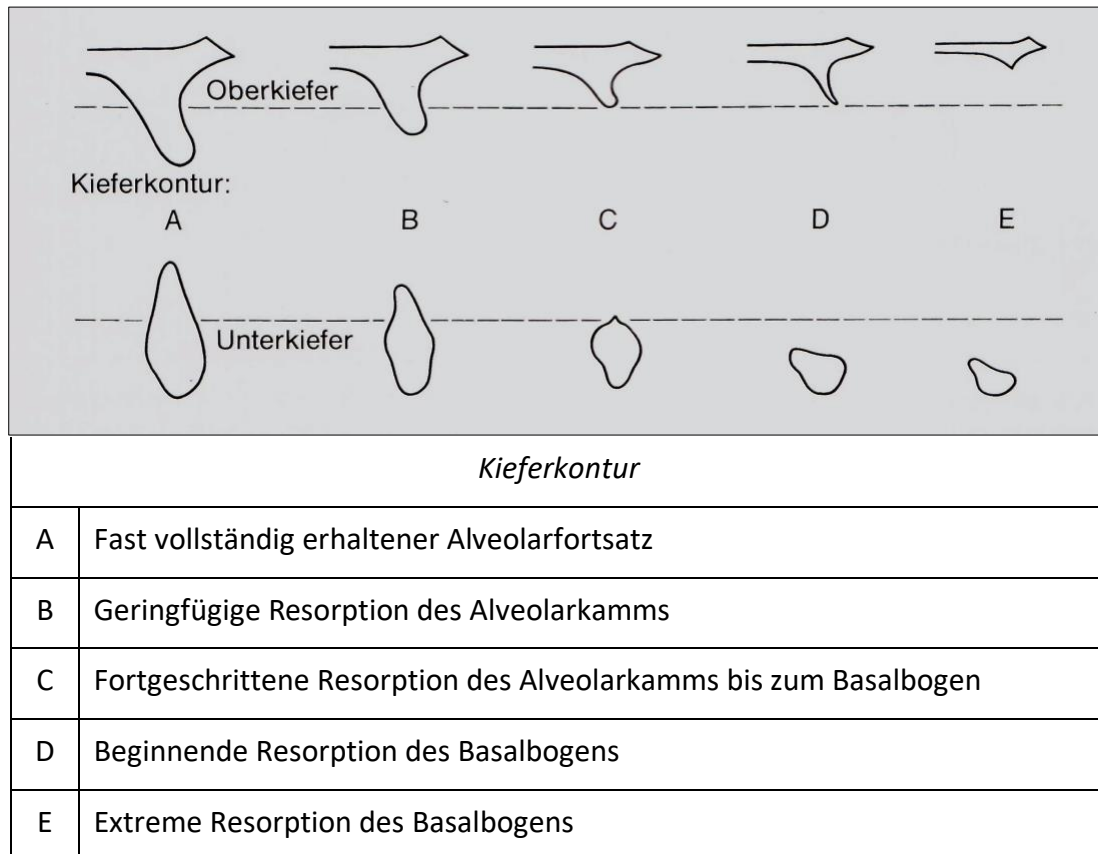


Abbildung 2-2: Resorptionsgrade eines Kiefers nach *Lekholm* und *Zarb* (35)

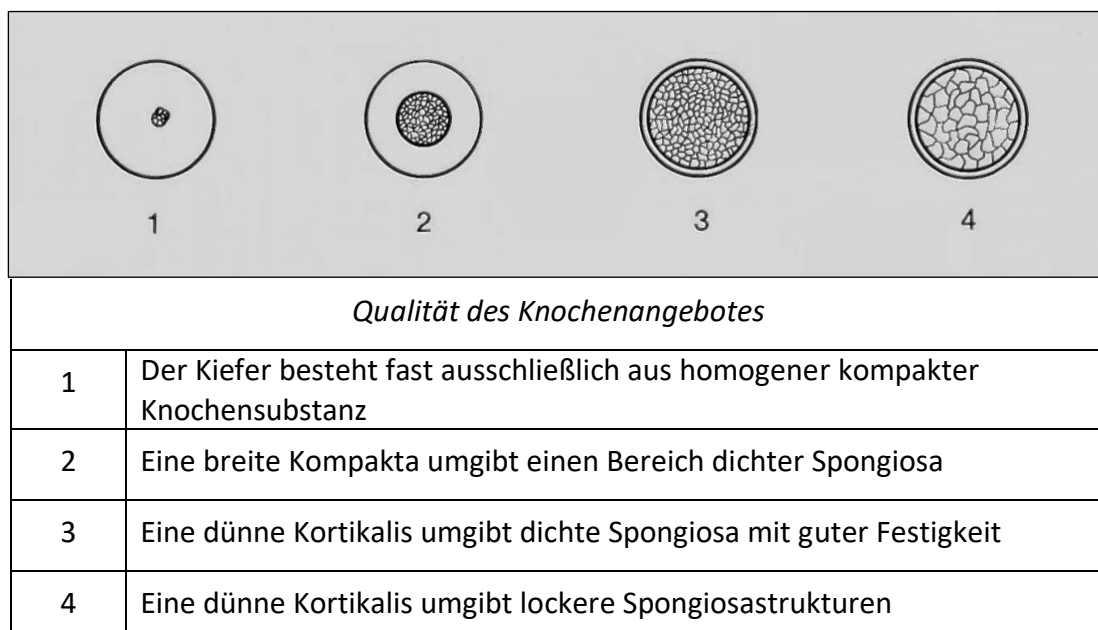


Abbildung 2-3: Klassifikation des qualitativen Knochenangebotes nach *Lekholm* und *Zarb* (35)

Friberg et al. fanden bei der Untersuchung von 4.641 *Branemark* Implantaten auf Frühversagen, die höchste Misserfolgsrate in Kiefern mit fortgeschrittener Resorption (Gruppen D und E), sowie in den Knochenqualitäten der Gruppe 4 in der Maxilla und Gruppe 1 der Mandibula (11). Dabei waren 39% der Implantatmisserfolge mit einem lokalen Knochendefekt oder einem mangelnden Knochenvolumen assoziiert (11).

Bezüglich der Knochenqualitäten erlaubt Typ 4, Knochen mit wenig kortikalem Anteil und großen trabekulären Räumen, häufig keine ausreichende Primärstabilität für eine Osseointegration (38). So waren 32% der Misserfolge mit extrem weichen Knochen oder einer mangelnden Primärstabilität assoziiert (11). Demgegenüber kann eine hohe Knochendichte zu Überhitzungen des Implantatlagers während der Präparation führen (11), sodass leicht erhöhte Misserfolgsraten bei Implantaten in Knochenqualitätstypen 1 und 4 beobachtet werden können (39).

Dagegen fanden *Bahat et al.* nur einen geringen Einfluss der Knochenqualität und -quantität auf die Erfolgsrate oraler Implantate (10), was mit dem Einfluss weiterer Faktoren auf die Implantatstabilisierung begründet werden könnte.

2.3 Erfolgskriterien

Zur Bestimmung der Lebenserwartung von Implantaten haben sich über die Jahre hinweg verschiedene Ansätze entwickelt den Erfolg bzw. Misserfolg einer Implantation zu definieren. Meist kommen hierbei Negativkriterien zum Einsatz, deren Ausbleiben Voraussetzung für die Wertung als Erfolg gilt. Dabei ist die Auswahl der Kriterien und des Rahmens innerhalb welchem sich ein Implantat bewegen muss um als Erfolg gewertet zu werden und das Analyseverfahren, ebenso wie die Relation zur Größe des Gesamtkollektivs entscheidend für die ermittelte Erfolgsrate (27, 40).

Im Jahr 2000 veröffentlichte die *Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde* eine wissenschaftliche Stellungnahme in der ein erfolgreiches Implantat wie folgt definiert wurde: „Ein erfolgreiches Implantat muss sich klinisch fest, entzündungs- und schmerzfrei ohne periimplantäre Osteolyse in situ befinden. Dabei sollte die Abnahme der periimplantären Knochenhöhe 0,2 mm nach dem 2. Jahr post implantationem nicht überschreiten. Die primäre oder nachträgliche Stilllegung eines Implantates muss ebenfalls als Mißerfolg gewertet werden, da dieses Implantat funktionell wertlos ist.“ (27)

NIH

1978 wurden im Rahmen der Konsensuskonferenz der *Harvard-National Institutes of Health* die folgenden Erfolgskriterien festgelegt: (28)

- Knochenverlust $\leq 1/3$ der Implantatlänge
- Ausgeglichenes Okklusionsprotokoll
- Sollte eine Gingivitis vorliegen, muss diese behandlungsfähig sein
- Mobilität kleiner 1 mm in alle Richtungen
- Abwesenheit von Zeichen einer Entzündung, Beschädigung des Nachbarzahnes, Parästhesie, Anästhesie oder Verletzung des Mandibularkanals, der Kieferhöhle oder des Nasenbodens und polymorphkerniger Infiltration (gesundes Bindegewebe)
- Mindestens 75% der Fälle müssen 5 Jahre funktioneller Belastung standhalten
- Subjektive Kriterien: Adäquate Funktion, Abwesenheit von Beschwerden, verbesserte Ästhetik und verringerter emotionaler/psychologischer Leidensdruck

Für den Erfolg eines Implantates müssen alle Kriterien erfüllt sein.

Kritik an den *NIH*-Kriterien basiert vor allem darauf, dass ein Implantat mit einer Mobilität bis zu 1 mm noch als Erfolg gewertet wird, was keineswegs den modernen Standards der Implantologie entsprechen kann. Des Weiteren sind die Grenzen bezüglich des marginalen Knochenabbaus abhängig von der Implantatlänge, was zu einer Verzerrung bei dem Vergleich von Implantaten in Standardlänge mit kurzen Implantaten führen würde, da zum Beispiel (z.B.) bei einem 12 mm langen Implantat ein Knochenabbau von 4 mm noch als Erfolg gewertet wird, während ein 6 mm langes Implantat mit einem Knochenabbau von 2,1 mm schon als Misserfolg gewertet werden müsste. Gerade diese Strenge in der Bewertung des Knochenabbaus steht in starkem Widerspruch zu dem sehr weit gefassten Mobilitätskriterium (40).

Albrektsson

1986 schlugen *Albrektsson et al.* folgende Erfolgskriterien vor: (29, 40)

- Implantat ist in situ
- Das unverbloekte Implantat weist keine Mobilität auf
- Röntgenologisch ist keine durchgehende periimplantäre Transluzenz erkennbar
- Vertikaler Knochenabbau $<0,2$ mm/Jahr nach einem Jahr Liegedauer
- Die Überlebensrate sollte nach 5 Jahren mindestens 85%, nach 10 Jahren mindestens 80% betragen
- Abwesenheit andauernder Schmerzen, Infektionen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzungen des Mandibularkanals

Für den Erfolg eines Implantates müssen alle Kriterien erfüllt sein.

Kritik an den *Albrektsson*-Kriterien basiert auf der Bewertung des Knochenabbaus. So wird der marginale Knochenverlust im ersten Jahr Liegedauer nicht berücksichtigt. Auch Fälle, in denen sich, nach einer Phase des Knochenverlustes bei Zustand nach einer Periimplantitistherapie, wieder eine stabile Situation eingestellt hat, werden kritischer eingestuft, als dies durch ein entsprechendes Langzeitüberleben des entsprechenden Implantates zu erwarten wäre (40). Des Weiteren stehen auch jährliche Verlaufsdaten nicht immer zur Verfügung, was die Anwendbarkeit der *Albrektsson*-Kriterien in der klinischen Praxis erschwert.

Buser

1990 veröffentlichten *Buser et al.* folgende Erfolgskriterien: (40, 41)

- Das Implantat ist in situ
- Es bestehen keine Beschwerden wie Schmerzen, Fremdkörpergefühl und/oder Dysästhesie
- Es besteht keine periimplantäre Infektion mit Suppuration
- Es lässt sich keine Mobilität des Implantates nachweisen
- Röntgenologisch ist keine durchgehende periimplantäre Transluzenz erkennbar
- Das Implantat eignet sich zur prothetischen Versorgung

Für den Erfolg eines Implantates müssen alle Kriterien erfüllt sein. Im Vergleich zu den *Albrektsson*-Kriterien wirken die Erfolgskriterien nach *Buser* jedoch weniger streng und resultieren folglich in höheren Erfolgsraten (40).

Jahn-d'Hoedt

1992 schlugen *Jahn* und *d'Hoedt* folgende Erfolgskriterien vor: (30, 40)

- Implantat ist in situ
- Sondierungstiefe mesial, distal, oral und vestibulär jeweils ≤ 4 mm in zwei aufeinander folgenden Kontrollen
- Lockerungsgrad ≤ 1 nach der Klassifikation der deutschen Gesellschaft für Parodontologie (42)
- Abwesenheit eines zweizeitig durchgehenden Spaltes einer Breite größer als 0,5mm im Röntgenbild
- Angulärer Knochendefekt (Mittelwert mesialer und distaler Knochendefekte im Röntgenbild) $\leq 3/10$ des konstruktiv enossalen Implantatabschnitts
- Subjektive Bewertung des Implantats durch den Patienten ≤ 3 nach dem deutschen Schulnotensystem

Die subjektive Bewertung des Implantates kann zu geringeren Erfolgsraten nach den Kriterien *Jahn-d'Hoedts* führen, als es durch objektive Parameter zu erwarten wäre. *Buch et al.* fanden in einer Untersuchung mit 119 Patienten mit 508 Implantaten keine Korrelation zwischen objektiven Parametern zur Erfassung des Zustandes des periimplantären Gewebes und der subjektiven Bewertung des Patienten, und berechneten mittels Daten desselben Kollektivs signifikant geringere Erfolgsraten nach *Jahn-d'Hoedt* im Vergleich zu den *NIH*-, *Albrektsson*-, *Buser*- und *Naert*-Kriterien (40).

Naert

Naert et al. bevorzugten 1992 den Begriff „nonintegrated“ (nicht integriert) statt „failure“ (Implantatversagen), da er in seiner Studie eine Veränderung des mittleren marginalen Knochenniveaus von -2 zu +0,5 mm beobachtete, was die von *Albrektsson* postulierten 0,2 mm/Jahr überschritt, nach *Naert et al.* aber trotzdem mit einem Langzeitüberleben des Implantates kompatibel war. Nach *Naert et al.* war ein Implantat „nonintegrated“, wenn es eines oder mehrere der folgenden Kriterien erfüllte: (43)

- Klinische Anzeichen einer Mobilität des Implantats
- Periimplantäre Transluzenz im Röntgenbild
- Schmerzen oder Zeichen/Symptome einer periimplantären Infektion

Im Jahr 2000 erweiterten *Naert, Snauwaert, et al.* die oben genannten Kriterien, wonach ein Implantat als Implantatversagen gewertet werden soll, wenn: (31)

- Ein individuelles, unverblocktes Implantat visuell mobil ist oder einen Periotest value (PTV) $\geq +8$ aufweist
- Es radiologische Hinweise auf eine periimplantäre Transluzenz aufweist
- Es die Ursache für Schmerzen, Infektion oder Parästhesie ist
- Es frakturiert ist
- Es aufgrund seiner Fehlpositionierung nicht als prothetisches Retentions- oder Stützelement verwendet werden kann (iatrogenes Versagen)

Im Rahmen der Pisa Consensus Conference einigte sich der *International Congress of Oral Implantologists (ICOI) 2007* auf Kriterien zur Klassifizierung des Implantaterfolges (32). Dabei wurde betont, dass die Hauptfunktion eines Implantates, die Verankerung von funktionierendem Zahnersatz, als wichtigstes Kriterium in der Bewertung von Implantaterfolg berücksichtigt werden muss (32).

In Anbetracht der Komplexität der klinischen Erfolgsbestimmung einer prothetischen Versorgung, sahen die Autoren vor allem klinische Relevanz in der Patientenzufriedenheit mit dem ästhetischen Erscheinungsbild der implantatgetragenen Restauration (32).

Die Konsensuskonferenz teilte klinische Konditionen mittels verschiedener Kriterien in Implantaterfolg („success“), Implantatüberleben und Implantatversagen ein, wobei das Implantatüberleben nochmals in zufriedenstellendes Implantatüberleben („satisfactory survival“) und einem Implantatüberleben bei lediglich akzeptablem Befund („compromised survival“) unterschieden wurde (32). Die Einteilung des *International Congress of Oral Implantologists* definiert die klinischen Konditionen wie folgt: (32)

- Um als Implantaterfolg („success“) gewertet zu werden, muss ein Implantat erfolgreich eingeeilt sein, sich in Situ befinden und bei funktioneller Belastung weder Schmerzen noch Druckempfindlichkeiten verursachen. Das Implantat darf keine Lockerung oder Exsudation zeigen und der marginale Knochenabbau muss weniger als zwei Millimeter betragen.
- Ein Implantat wird als zufriedenstellendes Implantatüberleben („satisfactory survival“) gewertet, wenn ebenfalls kein Schmerz oder Druckempfindlichkeit unter funktioneller Belastung vorliegt und das Implantat keinen Lockerungsgrad und keine Exsudation aufweist, der periimplantäre Knochenabbau jedoch zwei bis vier Millimeter beträgt. Es handle sich dabei zwar um keine ideale Kondition, jedoch ergäbe sich in dieser Kategorie keine therapeutische Konsequenz.
- Als lediglich akzeptablem Befund („compromised survival“) werden Implantate klassifiziert, die bei fehlender Mobilität und Exsudation eine Empfindlichkeit bei funktioneller Belastung aufweisen, einen marginalen Knochenabbau von über vier Millimetern (jedoch unterhalb der halben Implantatlänge) und eine Sondierungstiefe von bis zu sieben Millimetern aufweisen. Auch hierbei handelt es sich um eine suboptimale Bedingung, jedoch sind hier klinisch therapeutische Konsequenzen indiziert, um das Risiko eines klinischen oder absoluten Versagens zu reduzieren.

- Implantate, welche sich nicht mehr in situ befinden oder prothetisch nicht mehr versorgbar sind, werden folglich zu den eigentlichen Implantatversagen („failure“) gerechnet. Weitere Kriterien zur Einordnung eines Implantates in diese Kategorie sind Mobilität, Schmerzen bei funktioneller Belastung und ein marginaler Knochenabbau von über fünfzig Prozent der Implantatlänge. Aus therapeutischer Sicht ergibt sich eine Entfernung des Implantates, falls dieses nicht bereits verloren gegangen ist.

Gemäß der Pisa Consensus Conference soll ein Implantat mindestens 12 Monate der Verankerung von Zahnersatz dienen um als erfolgreich zu gelten, der zeitliche Aspekt wird weiter wie folgt eingeteilt: (32)

- Früher Implantaterfolg (Early implant success) für Zeitspannen von ein bis drei Jahren,
- mittelfristiger Implantaterfolg (intermediate implant success) für Zeitspannen von drei bis sieben Jahren und
- langfristiger Implantaterfolg (long-term success) bei Zeitspannen über sieben Jahren.

2.4 Klassifikation von Misserfolgen

Nach *Esposito et al.* können Misserfolge wie folgt eingeteilt werden: (44)

- Biologische Misserfolge:
 - Frühes/primäres Versagen: Fehlende Etablierung einer Osseointegration
 - Spätes/sekundäres Versagen: Osseointegration kann nicht erhalten bleiben
- Mechanische Misserfolge: Frakturen der Implantate, der Fixierungsschrauben, der Verblendung, des Gerüsts, etc.
- Iatrogene Misserfolge: Implantate, welche zwar osseointegriert sind, aber aufgrund der Fehlpositionierung nicht zur prothetischen Verankerung verwendet werden können, sowie Implantate welche auf Grund ihrer Verletzung anatomischer Strukturen (bspw. N. alveolaris inferior) entfernt werden mussten.
- Unzureichende Patientenanpassung: aufgrund phonetischer, ästhetischer und psychologischer Probleme, etc.

2.5 Früh- und Spätversagen

In Abhängigkeit von dem Zeitpunkt des Misserfolges können Früh- und Spätversagen unterschieden werden. Ein Misserfolg vor oder während einer Abutmentverbindung, also im Zeitraum bis zu Beginn einer funktionellen Implantatbelastung, wird als Frühversagen gewertet, während sich ein Spätversagen auf einen Misserfolg nach okklusaler Belastung durch die prothetische Suprakonstruktion bezieht (39, 44, 45).

Ein Frühversagen im Sinne einer fehlenden Osseointegration ist mit einer beeinträchtigten Knochenheilung und einer reduzierten Primärstabilität assoziiert (37). Die fehlende Osseointegration kann dabei neben dem chirurgischen Trauma (z.B. traumatische Operationsmethoden, Überhitzung bei der Bohrung) und einer potentiellen direkten bakteriellen Kontamination im Rahmen der Implantatinserktion, mit einer Reihe verschiedener patientenbezogene Faktoren assoziiert sein (37, 46). Beispiele solcher patientenbezogener Faktoren können Rauchen (47, 48), eine mangelhafte Knochenqualität (49) und -quantität (39), systemische Erkrankungen (50) oder Chemotherapie (46) sein. Dem gegenüber stehen vor allem eine okklusale Überlastung und periimplantäre Erkrankungen im Zusammenhang mit einem Spätversagen (46). Dabei wird die okklusale Überlastung von *Quiryren et al.* als eine Situation definiert, in der die Kapazität einer Knochen-Implantat-Kontaktfläche einer funktionellen Belastung überschritten wird und diese somit der ausgesetzten funktionellen Belastung nicht mehr standhalten kann (46). Dies kann zum Beispiel die Folge einer ungeeigneten Anzahl geplanter Implantate, einer ungeeigneten prothetischen Versorgung oder einer Parafunktionen des Patienten sein. *Alsaadi et al.* beobachteten sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer signifikant mehr Misserfolge in den posterioren Regionen des Zahnbogens (39), was unter anderem mit einer erhöhten funktionellen Belastung der Knochen-Implantatoberfläche durch ein erhöhtes Kraftaufkommen begründet werden könnte. Auch *Manor et al.* fanden in einem Kollektiv aus Patienten mit späten Misserfolgen mehr Patienten mit Misserfolgen in der Prämolaren und Molarenregion des Zahnbogens ($P=0.029$).

Periimplantäre Erkrankungen sind Ausdruck der Dysbalance zwischen bakteriellen Erregern auf der Implantatoberfläche und der Immunabwehr des Patienten und können zum Verlust der Osseointegration und schlussendlich auch zum Verlust des Implantates führen (51).

Während eine periimplantäre Mukositis auf das Weichgewebe begrenzt ist, betrifft eine Periimplantitis zusätzlich auch das Hartgewebe (52). In der Literatur finden sich starke Variationen bezüglich der angegebenen Prävalenzen für die periimplantäre Mukositis und Periimplantitis, was unter anderem auf die Anwendung verschiedener Methoden zur Diagnostik und Definition periimplantärer Erkrankungen zurückzuführen ist (53, 54). Eine systematische Übersichtsarbeit und Meta-Analyse von *Derks* und *Tomasi* ermittelte Prävalenzen von 19 bis 65% für die periimplantäre Mukositis und 1 bis 47% für die Periimplantitis auf Patientenebene, bei einer gewichteten durchschnittlichen Prävalenz von 43% bzw. 22% (54). Dabei umfasste die Periimplantitis-Diagnostik in manchen Studien, neben den Zeichen einer Entzündung, lediglich das marginale Knochenniveau (54-59), während andere Studien einen marginalen Knochenverlust zur Definition einer Periimplantitis voraussetzen (54, 60-67). In manchen Studien wurde zudem kein Schwellenwert definiert, ab welchem ein Knochenniveau oder marginaler Knochenverlust, bei gleichzeitigem Vorliegen einer Entzündung, als Periimplantitis zu definieren ist (54-56, 60). Auch der Zeitpunkt der jeweiligen Referenzwerte variierte erheblich (54). Während in manchen Studien das unmittelbar post-operativ angefertigte Röntgenbild als Referenzwert herangezogen wurde (54, 60), wurden in anderen Studien das Röntgenbild zum Zeitpunkt der prothetischen Versorgung (54, 64, 65) oder gar das Röntgenbild einer Nachuntersuchung ein Jahr nach funktioneller Belastung als Referenzwert gewählt (54, 61-63, 66, 67). In einer universitären Querschnittsstudie definierten *Romandini et al.* eine Periimplantitis in einer Blutung/Suppuration auf Sondierung bei einem marginalen Knochenniveau von ≥ 2 mm apikal der Implantatschulter als Periimplantitis (68). Dabei betrug die Prävalenz einer Periimplantitis 56,6% auf Patientenebene und 27,9% auf Implantatebene (68).

Es wurden eine Reihe von Risikofaktoren identifiziert, welche mit periimplantären Erkrankungen assoziiert sind. Dazu zählen: Eine unzureichende Mundhygiene (69), eine Vorbelastung mit Parodontitis (70-72) und Nikotinabusus (52). Des Weiteren wird der Einfluss eines mangelhaft eingestellten Diabetes mellitus und Alkoholkonsum diskutiert, während es lediglich eine limitierte oder widersprüchliche Evidenz bezüglich des Einflusses von genetischen Faktoren und der Implantatoberfläche gibt (51).

Der Einfluss des Rauchens wird vor allem auf Veränderungen der peripheren Vaskulärität, sowie die kompromittierte Funktion sowohl neutrophiler Granulozyten, Makrophagen und

Fibroblasten zurückgeführt (47). Es wird davon ausgegangen, dass Zigarettenrauch somit die entscheidenden biologischen Prozesse während der Osseointegration (39), aber auch in der Erhaltung des periimplantären Knochenniveaus beeinflusst und somit zu geringeren Implantatüberlebens- und -erfolgsraten führt (48). Eine Studie von *Roos-Jansåker et al.* beschrieb eine Korrelation zwischen Rauchen und Mukositis ($p=0.02$), Knochenniveau ($p<0.001$) und Periimplantitis ($p<0.05$) (73). Die Wahrscheinlichkeit an Periimplantitis zu erkranken wird bei Rauchern gegenüber Nichtrauchern mit einem 3,6 bis 4,6-fachen Risiko angegeben (48).

In zahlreichen Studien konnten ähnliche Zusammensetzungen parodontalpathogener Erreger der Restdentition bei parodontalerkrankten Patienten auf Implantatoberflächen nachgewiesen werden, was eine Kreuzinfektion wahrscheinlich macht (70-72). Ähnliche Zusammensetzungen der Mikrobiota fand sich dabei vor allem zwischen Implantatoberflächen und subgingivaler Zahnoberflächen ähnlicher Taschentiefen (70). Dennoch war zu beobachten, dass das Auftreten parodontalpathogener Erreger auf der Implantatoberfläche, ganz im Sinne eines multifaktoriellen Geschehens, nicht zwangsläufig zu dem Auftreten einer Mukositis oder Periimplantitis führte (71).

Der Einfluss eines mangelhaft eingestellten Diabetes mellitus wird mit der Beeinträchtigung der Knochenheilung, der eingeschränkten Vaskularität durch Mikroangiopathien, einer reduzierten Immunkompetenz des Wirts, der Formation sogenannter „advanced glycation end products“ (AGEs), der reduzierten Kollagenproduktion und einer erhöhten Kollagenaseaktivität begründet (50). Auch weitere systemische Erkrankungen und Medikationen sind mit einer Beeinträchtigung der initialen Knochenheilung assoziiert, dazu zählen unter anderem auch kardiovaskuläre Erkrankungen wie Hypertension (74, 75), sowie Osteoporose, Kollagenosen, AIDS (Acquired immune deficiency syndrom) (76), ebenso wie Morbus Crohn (39) und Bisphosphonattherapien (76). Andere Studien fanden jedoch keine statistische Signifikanz systemischer Erkrankungen (45, 77).

In ihrem Kollektiv mit 9.080 Implantaten beobachteten *Staedt et al.* ein ungefähr doppelt so hohes Auftreten früher Misserfolge gegenüber später Misserfolge (77). Während ein Spätversagen vor allem mit Oberkieferimplantaten ($p<0.001$) und älteren Patienten assoziiert war, fand sich ein signifikant früherer Misserfolg im (posterioren) Unterkiefer ($p<0.001$) und in jungen Patienten ($p=0.017$) (77). Die Assoziation früher Misserfolge mit jungem

Patientenalter ($p=0.009$) wurde auch in einer Studie von *Manor et al.* beobachtet (76). *Manor et al.* fanden zusätzlich eine Assoziation früher Misserfolge mit geringem Knochenverlust, weiblichem Geschlecht und Einzelkronenversorgungen als Suprakonstruktion, während späte Misserfolge mit einem männlichen Geschlecht ($p=0.031$), einer posterioren Position im Zahnbogen, moderatem bis starkem Knochenverlust ($p<0.001$), sowie einer hohen Anzahl von Implantatmisserfolgen ($p<0.001$) pro Patienten assoziiert waren (45). *Esposito et al.* schlossen aus dem geringeren Knochenverlust bei Teilbezahnten und der, nach ihrer Auffassung geringen späten Misserfolgsrate durch Periimplantitis, dass Knochenvolumen, Knochenqualität und Überlastung die drei Determinanten später Misserfolge seien (44). In ihrer systematischen Übersichtsarbeit berichteten *Berglundh et al.* von einer Frühversagensrate von 2,16% bis 2,53% für Implantate zur Verankerung von Deckprothesen und feststehendem mehrgliedrigem Zahnersatz und 0,76% in der Verankerung von Einzelkronen, demgegenüber steht eine Spätversagensrate von 5,56 % bis 5,86 % bei einer Verankerung von Deckprothesen, 2,49-3,42% in der Verankerung von feststehendem mehrgliedrigem Zahnersatz und 2,06 bis 2,50% in der Verankerung von Einzelkronen bei einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren (78).

2.6 Kieferhöhlenbodenaugmentation

Um das zur Implantation zur Verfügung stehende Knochenvolumen zu vergrößern stehen verschiedene augmentative Verfahren zur Verfügung. Im Folgenden wird auf die Kieferhöhlenbodenaugmentation (Synonym: Sinuslift, Sinusbodenaugmentation, Sinusbodenelevation oder Einlagerungsosteoplastik) zur implantologischen Versorgung der posterioren, atrophierten Maxilla eingegangen. Hierbei wird der Boden der Kieferhöhle, durch Einlagerung von autogenem Knochen und/oder Knochenersatzmaterialien zwischen der elevierten Schneiderschen Membran und dem knöchernen Kieferhöhlenboden augmentiert und somit das zur Verfügung stehende Knochenvolumen vergrößert (33, 79). Die Stabilisation der Knochenersatzmaterialien oder des autogenen Knochens durch die Schneidersche Membran und die vorherrschende Vaskularisation durch den Alveolarknochen erlauben dabei eine besonders hohe Vorhersehbarkeit der Ergebnisse von Sinusbodenelevationen (5).

Bezüglich der Art des Zugangsweges lassen sich Sinusbodenelevationen in einen sogenannten externen und internen Sinuslift unterscheiden. Bei dem 1980 erstmals von *Boyne et al* beschriebenen (80), externen Sinuslift (auch: laterale Kieferhöhlenbodenaugmentation) erfolgt der Zugang über ein Fenster in der fazialen Kieferhöhlenwand, welches anschließend nach intraantral luxiert wird (33, 81). Es erfolgt eine Präparation und Mobilisierung der Schneiderschen Membran von dem Kieferhöhlenboden nach kranial, mit anschließender Einbringung von autogenem Knochen und/oder Knochenersatzmaterial in den so erschaffenen Raum zwischen Kieferhöhlenboden und dem luxierten Knochendeckel (siehe Abbildung 2-4) (81).

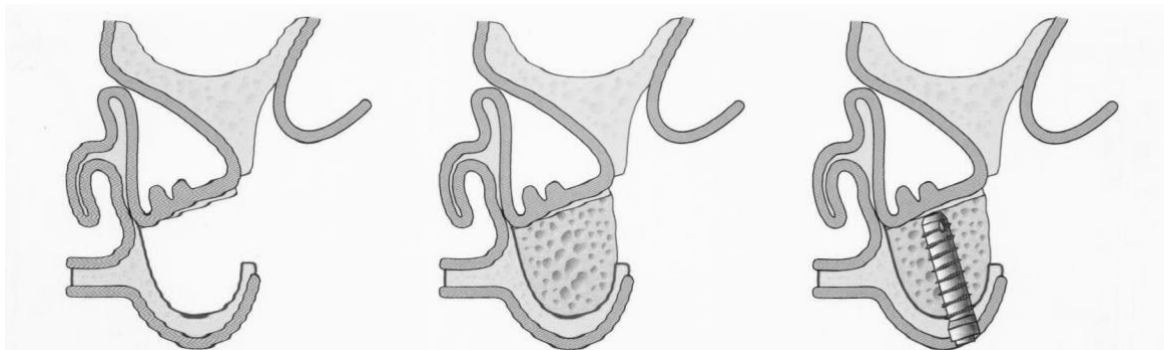


Abbildung 2-4: Externer Sinuslift (33)

Demgegenüber erfolgt der Zugang bei dem 1994 erstmals von *Summers* beschriebenen (82), internen Sinuslift (auch: krestale Kieferhöhlenbodenaugmentation) krestal durch den

Implantatstollen (33). Dabei wird durch Frakturieren und Elevation einer dünnen Knochenlamelle oberhalb des Bohrkanals mit anschließender Mobilisation der Schneiderschen Membran ein Raum erschaffen, in welchen der autogene Knochen und/oder das Knochenersatzmaterial eingebracht und stabilisiert werden kann (siehe Abbildung 2-5) (81). *Cosci* entwickelte im Jahr 2000 die von *Summers* beschriebene Technik dahingehend weiter, dass eine Perforation, statt wie zuvor eine Frakturierung, des kortikalen Kieferhöhlenbodens mittels speziell geformter Bohrer erfolgte (83).

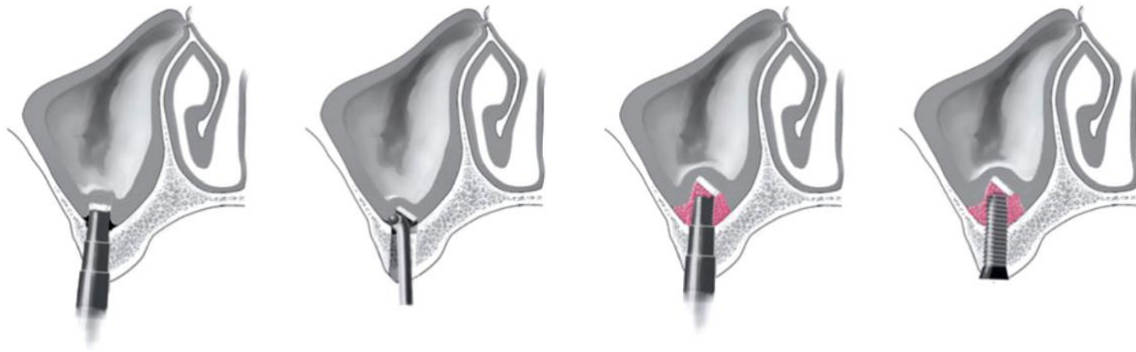


Abbildung 2-5: Interner Sinuslift (81)

Während der interne Sinuslift vor allem bei Restknochenhöhen von ≥ 5 mm, bzw. ≥ 4 mm bei der Vorgehensweise nach *Cosci*, am Ort der Implantation durchgeführt wird, steht der externe Sinuslift auch bei geringeren Restknochenhöhen von unter 4 mm mit zweizeitiger Augmentation und Implantation zur Verfügung (83, 84).

Hinsichtlich der Überlebensraten unterscheiden sich die beiden Verfahren nicht signifikant (3). Nach 176 Monaten konnten *Tetsch et al.* Überlebensraten von 97,7% für den internen Sinuslift (3) und 97,3% für den externen Sinuslift (3) beobachten. Auch einige weitere Studien kamen zu ähnlichen Überlebensraten mit Werten über 90% für sowohl den internen (85-88) als auch den externen Sinuslift (1, 87, 89).

Dennoch können die mit einem Sinuslift assoziierten Komplikationen den Erfolg einer Implantation gefährden. Biologische Komplikationen, welche im Zusammenhang mit Sinusbodenelevationen beschrieben wurden, können in intraoperative, postoperative und späte postoperative Komplikationen eingeteilt werden. Sie umfassen unter anderem intraoperative Blutungen, Perforationen der Schneiderschen Membran und Beschädigungen angrenzender anatomischer Strukturen, postoperative Schmerzen, Schwellungen, Epistaxis und Infektionen, sowie späte postoperative Komplikationen wie z.B. chronische Sinusitiden

mit Verlust des Augmentats und Zystenbildungen (7, 89-92). Die am häufigsten beobachtete Komplikation stellt dabei eine Perforation der Schneiderschen Membran dar, welche in Studien mit Häufigkeiten von 23,6-44 % der Fälle beschrieben wurde (89-91). Dabei stellt eine solche Perforation eine mögliche Eintrittspforte für Pathogene in das Augmentat dar und kann darüber hinaus dazu führen, dass sich feinpartikuläres Knochenersatzmaterial in dem Sinus verteilen und somit die Entstehung einer Sinusitis begünstigen kann (89). In manchen Studien wurden Perforationen der Schneiderschen Membran mit einer geringeren Knochenbildung und einem schlechteren Implantatüberleben assoziiert (91, 93). Andere Studien konnten jedoch keinen solchen Zusammenhang beobachten (7, 89, 90).

Infektionen wurden mit Häufigkeiten von etwa 5% der Fälle als zweithäufigste Komplikation angegeben, wobei eine Häufung von Infektionen unter rauchenden Patienten und solchen Patienten, welche zusätzlich eine Auflagerungsosteoplastik erhalten haben, beobachtet wurde (90, 92).

2.7 Definition und historische Betrachtung kurzer Implantate

Kurze Implantate wurden von der 13. Europäischen Konsensuskonferenz (EuCC) als Implantate mit einer Länge bis einschließlich 8 mm, bei einem Implantatdurchmesser von mehr als 3,75mm und ultrakurze Implantate mit einer Länge von unter 6 mm definiert (8). Jedoch waren zuvor auch Definitionen durch andere Implantatlängen und -messmethoden verbreitet. Basierend auf klinischen Studien mit *Branemark* Implantaten aus den späten 90er Jahren des 20. Jahrhunderts (5), welche Implantatlängen < 10 mm mit niedrigen Erfolgsraten assoziierten (5, 11, 12, 39, 94-96), wurde auch oftmals eine Implantatlänge von 10 mm oder länger als Standardlänge definiert (7). Andere Autoren definierten kurze Implantate hingegen nicht in der absoluten Länge des Implantates, sondern in der Länge des im Knochen verankerten Anteils eines Implantates (19), sodass auch das Einbringprotokoll und die Gestaltung des Implantates eine entscheidende Rolle in der Definition kurzer Implantate spielen können (97).

Ältere Studien verbanden kurze Implantate häufig mit einer schlechteren Prognose (10-17, 39, 94-96). Solche Studien waren häufig mit einem chirurgischen Standardprotokoll unabhängig des jeweiligen Patientenfalls (13, 15, 17, 19), sowie ungünstigeren anatomischen Ausgangssituationen (ungenügende Knochendichte und -volumen) (11, 14, 16, 39) assoziiert. *Friberg et al.* begründeten die erhöhte Misserfolgsrate kurzer Implantate mit der vermehrten Verwendung durch die Indikationsstellung in Fällen erhöhter Knochenresorption (11). Dabei betonten sie die Notwendigkeit der Anpassung der chirurgischen Vorgehensweise an die jeweilige lokale anatomische Situation (11). Auch weitere Studien sahen die von ihnen beobachteten hohen Misserfolgsraten kurzer Implantate als Ausdruck der kompromittierten Bedingungen durch das reduzierte Knochenvolumen und Knochenqualität (14, 16, 39) unter welchen kurze Implantate vornehmlich eingesetzt werden, sowie der hohen funktionellen Belastung des Implantatlagers (17). In einer fünf bis zwölfjährigen klinischen Nachuntersuchung von *Branemark* Implantaten in der posterioren Maxilla, fand *Bahat* einen inversen Zusammenhang zwischen der Implantatlänge und der jeweiligen Misserfolgsrate: So hatten 7 und 8,5 mm Implantate eine Misserfolgsrate von 17%, während es bei den 10 bis 15 mm langen Implantaten 5 % waren und bei den 18 und 20 mm 0% (10). Andere Studien kamen zu einem ähnlichen Ergebnis (14, 15, 17). Auch hier wurde die beobachtete Zunahme des Implantatüberlebens mit einer Zunahme an Implantatlänge (10, 14, 15, 17) mit dem

vermehrten Einsatz kurzer Implantate unter erschwerten anatomischen Bedingungen begründet (11, 14, 16). *Renouard et al.* forderten folglich, dass kurze Implantate lediglich mit Implantaten in Standardlänge verglichen werden dürften, wenn diese unter denselben anatomischen Herausforderungen, lediglich unter zu Hilfenahme augmentativer Verfahren, inseriert wurden (19).

Des Weiteren basierten ältere Studien häufig auf der Verwendung von Implantaten mit einer glatten, maschinengefrästen Oberfläche (11, 12, 14, 17, 94-96). Mit der Zeit haben sich jedoch Implantate mit einer raueren Oberflächenbeschaffenheit etabliert. Generell werden additive und subtraktive Methoden der Oberflächenbearbeitung, wie z.B. Säureätzungen und/oder Plasmabeschichtungen der Oberfläche, das Abstrahlen mittels verschiedener Partikel und/oder gesinterte, poröse Oberflächen angewendet um eine Oberflächenvergrößerung zu erzielen (98). Dabei konnten *Feldmann et al.* einen größeren Unterschied in der kumulativen Überlebensrate zwischen kurzen und längeren Implantaten mit maschinierter Oberfläche gegenüber dem zwischen kurzen und längeren Implantaten mit doppelt säuregeätzter Oberfläche beobachten (99). Daraus lässt sich schließen, dass die mangelnde Implantatlänge durch die besondere Oberflächenbeschaffenheit säuregeätzter Implantate kompensiert werden kann. Eine schwache Knochenqualität in der posterioren Maxilla schien den Effekt weiter zu verstärken (99). Auch *Buser et al.* konnten in der Untersuchung Titanplasmabeschichteter (TPS) ITI-Implantate keinen signifikanten Unterschied zwischen 8mm langen und 12 mm langen Implantaten beobachten (100). Andere Studien, welche kurze und lange Implantate rauer Oberfläche verglichen, kamen zu dem selben Ergebnis (9, 101). Auch *Bruggenkate et al.* konnten in der Untersuchung 6 mm langer TPS-beschichteter ITI-Implantate eine kumulativen Überlebensrate von 94% nach 6 Jahren beobachten (102). *Deporter et al.* machten neben der 3 bis 4-fach Oberflächenvergrößerung gesintertter, poröser Implantatoberflächen, auch die dreidimensionale mechanische Verriegelung durch Einwachsen von Knochen an der Knochen-Implantat-Oberfläche, mit einer gleichmäßigeren Kraftverteilung auf den umliegenden Knochen für die guten klinischen Ergebnisse solcher Implantate verantwortlich (98). Heute gilt die Veränderung hin zur raueren Oberflächenbeschaffenheit als eine der wichtigsten Entwicklung zur Verbesserung der mechanischen und biologischen Eigenschaften der Implantattherapie mittels kurzer Implantate (5, 9, 23).

Wyatt und *Zarb* begründeten die erhöhten Misserfolgsraten kurzer Implantate ferner mit den anteilig zur Implantatlänge deutlich höheren Knochenabbau bei gleichem vertikalen Knochenverlust an kurzen Implantaten im Vergleich zu längeren (16). Demnach ergeben sich an kurzen Implantaten deutlich früher kritische ossäre Bedingungen. Bezüglich der geringeren Implantatoberfläche kurzer Implantate wurden ebenfalls diskutiert, ob nicht auch das dadurch entstehende größere Kronen-Implantat-Verhältnis Ursache einer schlechteren Überlebensrate sein könnte (20). Diese Diskussion wird in 2.1.8 dargestellt.

2.8 Das Kronen-Implantat-Verhältnis und Knochendichteveränderungen

Bezüglich des Kronen-Implantat-Verhältnisses kann zwischen einem anatomischen und klinischen Kronen-Implantat-Verhältnis unterschieden werden. Während das anatomische Kronen-Implantat-Verhältnis den Drehpunkt seines Hebelarms auf Höhe der Implantatschulter hat, befindet sich bei dem klinischen Kronen-Implantat-Verhältnis der Drehpunkt auf Höhe des krestalen Alveolarknochens (Vgl. Abb. 2-6) (22). Der längere Hebelarm im Sinne des klinischen Kronen-Implantat-Verhältnis stellt aufgrund des längeren Hebelarms die unvorteilhaftere Situation dar und wird in den meisten Studien verwendet (20, 22, 103-106).

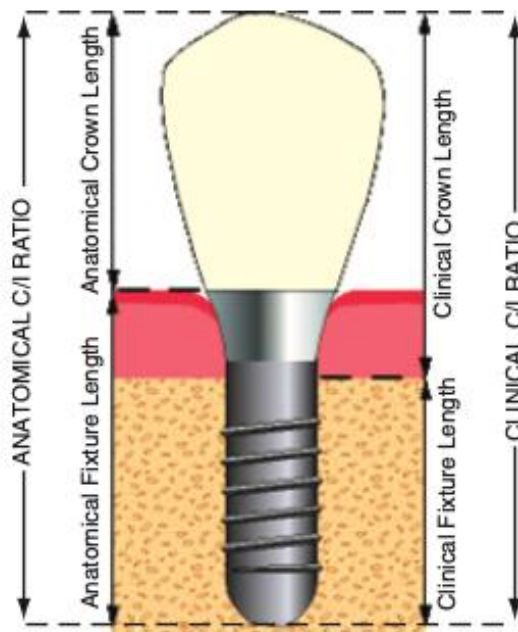


Abbildung 2-6: Unterschied zwischen dem anatomischen Kronen-Implantat-Verhältnis und klinischem Kronen-Implantat-Verhältnis (22)

Das Kronen-Implantat-Verhältnis erlangt vor allem in der atrophierten Maxilla Relevanz, da oftmals nur ein geringes vertikales Knochenangebot zur Verankerung eines Implantates vorliegt, jedoch große Strecken zur Erlangung der Okklusionsebene durch die Krone überbrückt werden müssen. In der Literatur finden sich widersprüchliche Angaben bezüglich der Einflüsse des Kronen-Implantat-Verhältnisses.

Eine prospektive Langzeitstudie von *Blanes et al.* konnte demgegenüber einen inversen Zusammenhang zwischen anatomischen und klinischen Kronen-Implantat-Verhältnis und dem jährlichen marginalen Knochenverlust in ITI-Implantaten beobachten, hierbei waren

Restaurationen mit einem hohen Kronen-Implantat-Verhältnis mit einem signifikant kleineren marginalen Knochenverlust assoziiert (22). Eine Studie von *Tang et al.* kam zu einem ähnlichen Ergebnis (107). *Blanes et al.* begründeten ihre Beobachtungen zum einen mit dem Design des ITI-Implantatsystems, in welchem sich die Implantatschulter 2,8 mm oberhalb des krestalen Alveolarknochens befindet und zum anderen mit der stimulierenden Wirkung von Belastungsspitzen im Bereich des krestalen Knochens, welche in anderen Situationen auch zu marginalen Knochenabbau führen können (22). Eine genaue Belastungsgrenze, ab welcher die Belastungsspitzen anstatt einer stimulierenden Wirkung auf den marginalen Knochen, viel mehr einen marginalen Knochenabbau hervorruft, konnte bislang nicht bestimmt werden (108). Stattdessen wurde vermutet, dass Belastungen im heilenden oder beschädigten Knochen, Veränderungen in der Belastungstoleranz eines Knochens hervorrufen können (108), während nach stattgefundener Osseointegration Belastungskräfte einen Reiz zur funktionellen Adaptation und Knochenremodeling darzustellen scheinen (109). Dabei konnte im Tiermodell gezeigt werden, dass durch die Anwendung hoher Kräfte auf ein Implantat, radiologisch dichtere periimplantäre Knochenverhältnisse entstehen, was mit einer erhöhten Stabilität einhergeht (110). *Sahrman et al.* konnten im Vergleich standardisierter Röntgenbilder signifikante Unterschiede in der Veränderungen periimplantärer Knochendichten zwischen 6 und 10 mm langen Implantaten erfassen (111). Dabei wurde eine höhere Mineralisierung, mit einer signifikanten Erhöhung der periimplantären Grauwerte, um kurze Implantate beobachtet (111).

Allerdings wurde die erhöhte Mineralisierung auch mit einer erniedrigten biologischen Anpassungsfähigkeit und verschlechterten Vaskularisation (112) assoziiert. Hiermit begründeten *Sahrman et al.* die von ihnen beobachtete Lockerung einiger kurzer Implantate im Zeitraum von drei bis sechs Jahren bei Ausbleiben von klinische Zeichen einer Entzündung, obwohl keine Korrelation mit dem Kronen-Implantat-Verhältnis beobachtet werden konnte (111).

Mehrere weitere Studien konnten ebenfalls keinen Einfluss des Kronen-Implantat-Verhältnisses auf den periimplantären Knochen im Sinne einer Veränderung der Knochen-Implantat-Kontaktfläche bzw. des marginalen Knochenniveaus feststellen (103, 104, 113-116). Ein Konsensuspapier von *Sanz et al.* kam zu dem Entschluss, dass ein Kronen-Implantat-Verhältnis bis zu 2, als akzeptable Behandlungsmöglichkeit gewertet werden sollte um aufwendige augmentative Maßnahmen zur Schaffung eines vermeintlich günstigeren Kronen-Implantat-Verhältnisses zu vermeiden (117).

Urdaneta et al. kamen zu dem Ergebnis, dass ein großes Kronen-Implantat-Verhältnis zu einer höheren Rate prothetischer Komplikationen, wie z.B. Lockerungen des Abutments ($p < 0.0001$) und Frakturen ($p = 0.03$) führen, jedoch keine negativen Effekte auf das marginale Knochenniveau ($p = 0.37$) oder die Anzahl der Implantatmisserfolge ($p = 0.88$) haben (104). *Mangano et al.* kamen zu einem ähnlichen Ergebnis, auch wenn die häufigeren prothetischen Komplikationen in der Gruppe mit einem Kronen-Implantat-Verhältnis ≥ 2 (12,5%) gegenüber der Gruppe mit einem Kronen-Implantat-Verhältnis < 2 (6%) keine statistische Relevanz ($p = 0.6$) erlangte, was mit einer höheren Widerstandsfähigkeit der verwendeten Implantate mit interner Verbindung begründet wurde (113). Auch *Anitua et al.* konnten keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Kronen-Implantat-Verhältnis und marginalem Knochenverlust feststellen und begründeten dies mit den vergleichsweise breiterem Durchmesser der Studienimplantate, sowie der Verblockung zwischen einzelnen Implantaten zum Schutz vor horizontalen Kräften (118).

Bulaqi et al. kamen zu dem Entschluss, dass weniger das Kronen-Implantat-Verhältnis, als viel mehr die absolute Kronenhöhe, als funktioneller Hebelarm entscheidend für die biomechanischen Komplikationen durch die auftretenden Biegungen und Spannungen im perimplantären Knochen, sowie den prothetischen Komponenten wäre (119). Dabei scheint bei gleichem Kronen-Implantat-Verhältnis es eine Reduktion der Kronenhöhe die Spannungen im periimplantären Knochen stärker zu senken, als eine äquivalente Zunahme der Implantatlänge (20). Die vermutete Pathophysiologie zwischen dem Auftreten okklusaler Kräfte und der Weiterleitung in den marginalen Knochen, im Sinne eines Hebelarms ist der Abbildung 2-7 zu entnehmen.

Bei ihrer Untersuchung von Implantaten mit gesinterten porösen Oberflächen (SPS) beobachteten *Malchiodi et al.* einen signifikant ($p < 0.05$) größeren periimplantären Knochenverlust um Implantate mit höheren Kronen-Implantat-Verhältnissen, als um solche mit geringeren Kronen-Implantat-Verhältnissen, jedoch konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen kurzen (5-7 mm) und langen Implantaten (9-12 mm) festgestellt werden (20). Auch *Di Fiore et al.* konnten einen solchen Zusammenhang zwischen klinischen Kronen-Implantat-Verhältnis ≥ 2 und einem erhöhten marginalen Knochenabbau beobachten (106).

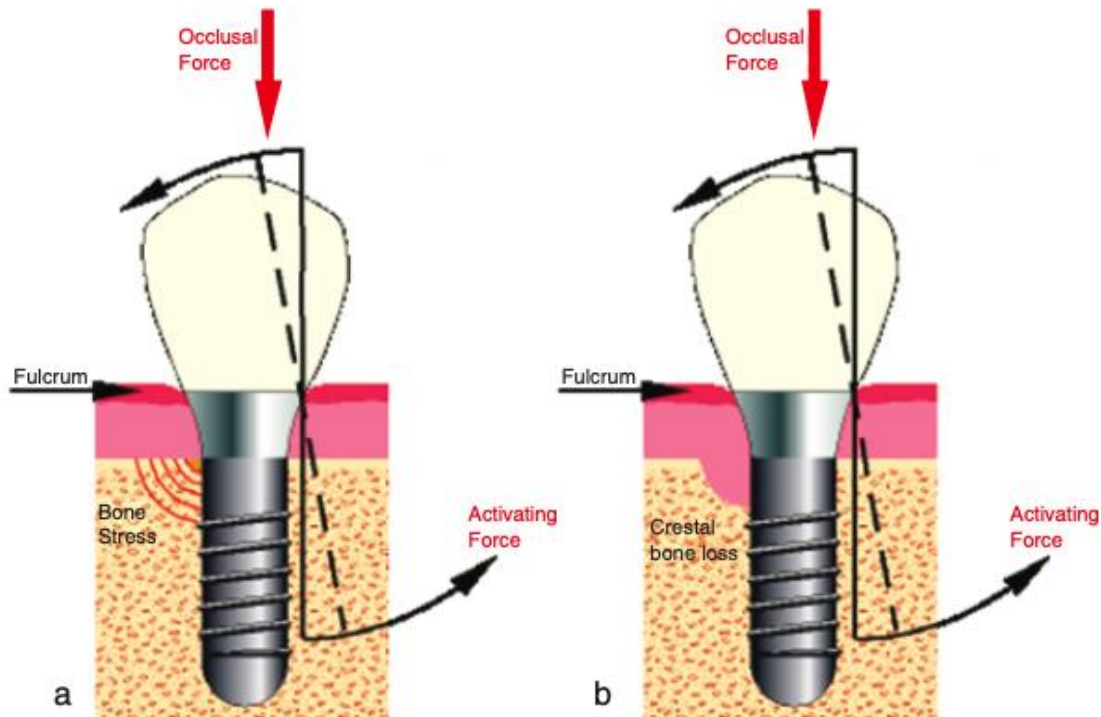


Abbildung 2-7: Schema der vermuteten Pathophysiologie des marginalen Knochenabbaus in Zusammenhang mit einem unvorteilhaften anatomischen Kronen-Implantat-Verhältnis: Die okklusal wirkenden Kräfte induzieren ein Biegemoment über welches die anatomische Kronenlänge als Hebelarm wirkt und den marginalen Knochen belastet, was möglicherweise zu marginalem Knochenverlust führen könnte. (22)

Malchiodi ermittelten eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Kronen-Implantat-Verhältnis und der Implantatserfolgsrate ($p < 0.05$) (20). Dabei waren hohe Kronen-Implantat-Verhältnisse mit einer niedrigeren Implantatserfolgsrate assoziiert, so korrelierte ein Kronen-Implantat-Verhältnis von >2 mit einer Implantatserfolgsrate von 96,6%, während das Kronen-Implantat-Verhältnis zwischen 2 und 1,5 mit 98,6% und ein Kronen-Implantat-Verhältnis $< 1,5$ mit einer Implantatserfolgsrate von 100% einherging (20). *Brose et al.* hatten zuvor ebenso einen solchen Zusammenhang beschrieben und eine Kronen-Implantat-Verhältnis von 3,5:1 als kritischen Wert zur Erreichung eines Langzeiterfolges eingestuft (105).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einfluss des Kronen-Implantat-Verhältnis auf den marginalen Knochenabbau, den Implantaterfolg und das Implantatüberleben kontrovers diskutiert wird und insbesondere die Bedeutung des Kronen-Implantat-Verhältnisses als Einflussfaktor auf den klinischen Erfolg von kurzen Implantaten noch nicht abschließend geklärt ist.

2.9 Kurze Implantate versus Implantate in Standardlänge mit Sinuslift

Während in Bezug auf einige Vorteile kurzer Implantate in der Literatur weitestgehend Einigkeit herrscht, finden sich bezüglich der Einflüsse von Implantatlänge und Augmentation auf andere klinische Parameter teils widersprüchliche Angaben.

Vorteile kurzer Implantate liegen vor allem in der Reduktion der Indikationsbreite für komplexe und invasive augmentative Verfahren wie z.B. Sinusbodenelevationen (9) und somit in der Vermeidung der in 2.1.6 beschriebenen Komplikationen. So kann durch die Verwendung kurzer Implantate eine Reduktion der Patientenmorbidity, der Behandlungszeiten und -kosten gegenüber Implantaten in Standardlänge in Kombination mit Sinuslift erlangt werden (5-7). *Bechara et al.* konnten in ihrer randomisierten kontrollierten Studie eine signifikant geringere intraoperative Blutungsrate ($P=0.049$) und eine signifikant geringere postoperative Schwellungsrate ($P<0.0001$) bei Verwendung kurzer Implantaten im Vergleich zu Standardimplantaten in Kombination mit Sinuslift beobachten (7). Während die durchschnittliche Behandlungszeit zur Implantation eines kurzen Implantates $19,1 \pm 7,1$ Min. betrug, war sie bei der Kontrollgruppe nahezu doppelt so lang ($32,2 \pm 8,5$ Min.) ($P < 0.0001$) (7). Des Weiteren betrugen die durchschnittlichen Kosten des chirurgischen Eingriffes zur Implantation eines kurzen Implantates 700 €, während sie in der Kontrollgruppe im Durchschnitt bei 1.322 ± 490 € lagen ($P < 0.0001$)(7).

Nedir et al. betonten außerdem eine Vereinfachung der Implantation und der weiteren prothetischen Versorgung durch die Verwendung kurzer Implantate bei einem reduzierten vertikalem Knochenangebot (9). So besteht bei der Verwendung kurzer Implantate auch ohne augmentative Verfahren die Möglichkeit der Ausrichtung der Implantatachse nach prothetischen Präferenzen, da sie nicht mehr nach den, durch die Anatomie diktierten, limitierten chirurgischen Möglichkeiten erfolgen muss (9). Außerdem kann durch die Minimalinvasivität und den Verzicht auf Augmentationen eine Implantattherapie auch solchen Patienten zugänglich gemacht werden, bei denen eine solche Therapie bislang nur eingeschränkt möglich oder kontraindiziert war (4). Ferner kann durch die Verwendung kurzer Implantate der prächirurgische Einsatz teurer und strahlenexponierender Verfahren durch zusätzliche Radiologie zur genauen Abklärung der Dimensionen des zur Verfügung stehenden Knochenvolumens in vielen Fällen vermieden werden (9).

Der Vergleich der Versagensrate kurzer Implantate mit solchen in Standardlänge in Kombination mit einem Sinuslift ergab in den meisten randomisierten kontrollierten Studien keine Unterschiede von statistischer Signifikanz (7, 24, 120-125). Dabei wurde ein Implantatversagen meist durch eine vorhandene Implantatmobilität bzw. durch eine Indikation zur Entfernung eines Implantates aufgrund eines progressiven marginalen Knochenverlusts oder einer Infektionen, sowie mechanische Komplikationen (bspw. Fraktur oder Deformation der Implantat-Abutment-Verbindung), welche ein Implantat unbrauchbar machen, definiert (24, 120-125). Während manche Studien in der Bewertung des Implantatüberlebens („implant survival“) lediglich die Lage der Implantate in situ bzw. dem Ausbleiben eines Implantatverlusts („implant loss“) berücksichtigen (126), unterscheiden andere Studien unter dem Oberbegriff Implantatüberleben zwischen einem Implantatverlust und den weiteren oben genannten Versagensgründen (7), während in wieder anderen Studien die Definition des Implantatüberlebens sowohl die Lage des Implantates in situ als auch das Ausbleiben eines Implantatversagens nach den oben genannten Kriterien beinhaltet (127).

In einer fünfjährigen randomisierten kontrollierten Studie verglichen *Gulje et al.* 11 mm Implantate kombiniert mit Sinusbodenelevationen mit 6 mm kurzen Implantaten (127). Die Studie konnte keinen statistisch signifikanten Unterschied im Implantatüberleben ($P=0.343$) beider Gruppen feststellen, jedoch waren insgesamt nur 38 Patienten mit 40 Implantaten eingeschlossen (127). Eine weitere Studie von *Bechara et al.* untersuchte 6 mm lange Implantate in 33 Patienten im Vergleich zur einer Kontrollgruppe von 20 Patienten welche Implantate mit einer Länge von 10 mm oder länger in Kombination mit einem externen Sinuslift erhielten (7). Innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 3 Jahren kam es lediglich zu einem Frühversagen mit anschließender Entfernung zweier Implantate der Kontrollgruppe, wobei beide Implantate bei demselben Patienten, einem Raucher mit einer Vorgeschichte parodontaler Erkrankungen, implantiert wurden (7). Hierdurch ergab sich eine implantat-basierte Überlebensrate von 95,6% ($P=0.49$) bzw. eine patienten-basierte Überlebensrate von 95% ($P=0.38$) nach 3 Jahren in der Kontrollgruppe und sowohl eine implantat- als auch patienten-basierte Überlebensrate von 100% in der Testgruppe (7). Eine randomisierte kontrollierte Studie über 5 Jahre von *Thoma et al.* untersuchte 6 mm lange Implantate im Vergleich zu 11 mm langen Implantaten in Kombination mit externen Sinuslift und ergab ebenfalls keinen statistisch signifikanten Unterschied in der implantat- und patientenbasierten Überlebensrate zwischen kurzen Implantaten (98,5% bzw. 98%, bei einem

Implantatversagen) und längeren Implantaten mit Sinuslift (100%), bei einem P-Wert von $p=0.489$ auf Implant- bzw. $p=0.495$ auf Patientenebene (126).

Auch eine Untersuchung von *Felice et al.* konnte keinen statistisch signifikanten Unterschied im Implantatüberleben und -versagen nachweisen ($P=1.000$) (122). Hierbei handelte es sich um eine randomisierte kontrollierte Studie im split-mouth design in welcher je 20 Patienten im Ober- bzw. Unterkiefer sowohl mit kurzen Implantaten (6 mm lang, 4 mm im Durchmesser) als auch mit längeren Implantaten (≥ 10 mm) in Kombination mit augmentativen Verfahren (externer Sinuslift im Oberkiefer) versorgt und über 5 Monate nach Implantatbelastung beobachtet wurden (122). Im Rahmen dieser Studie erlitten 2 kurze Implantate im Oberkiefer eines Patienten Periimplantitis und gingen verloren (122). Die Autoren berichteten, dass jener Patient die jährlichen Kontrolluntersuchungen nicht wahrnahm und sich erst vorstellte als das Implantat bereits gelockert war und entfernt werden musste (122). Demgegenüber kam es zu keinem Implantatversagen oder Implantatverlust in der Gruppe der längeren Implantate mit Sinuslift (122). Dabei mutmaßten *Felice et al.*, dass kurze Implantate welche von Periimplantitis betroffen sind möglicherweise schneller verloren gehen als längere (122). Eine weitere Studie im split-mouth Ansatz verglich 5 mm lange Implantate mit längeren Implantaten (≥ 10 mm) in Kombination mit augmentativen Verfahren (externer Sinuslift im Oberkiefer) in jeweils 15 Patienten mit zahnlosem OK + UK (123). Auch in dieser Studie konnte bei einem Verlust von 3 kurzen Oberkieferimplantaten in 2 Patienten und dem Verlust von einem langen Oberkieferimplantat nach 5 Jahren kein signifikanter Unterschied im Implantatversagen und -überleben beider Gruppen festgestellt werden ($P=1,000$) (123). Mit dem Ziel die Behandlungsmaßnahmen unter besonders atrophierten Knochenverhältnis zu vergleichen, verglichen *Bolle et al.* in einer randomisierten kontrollierten Studie 4 mm lange Implantate mit längeren (≥ 10 mm) Implantaten, welche mittels augmentativen Maßnahmen (externer Sinuslift im OK) im posterioren OK und UK von 80 Patienten inseriert wurden (125). In dieser Studie versagten drei kurze Implantate in zwei Patienten und sieben lange Implantate in vier Patienten, es ergab sich jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied im Implantatversagen (P (Chi-square Test)=0,376) (125). Die Versagensgründe bestanden in der Migration einiger Implantate in den Sinus Maxillaris, Mobilität und Druckschmerzhaftigkeit (125). Die vergleichsweise häufig beobachtete Mobilität und Migration der Implantate in den Sinus Maxillaris wurde mit dem transmukosalen Design der Implantate begründet, da solche Implantate ungewollte Belastungen während der Mastifikation und durch die Kräfte der Zunge erfahren können, welche eine kontinuierliche Bewegung der Implantate in Richtung

des Sinus Maxillaris begünstigten (125). Dieser Effekt wurde durch den verringerten retentiven Effekt durch den schmalen Implantat Hals der verwendeten Studienimplantate, die stark reduzierte Knochenhöhe (4-5 mm unter dem Sinus Maxillaris) sowie der weichen Knochenqualität der Maxilla weiter gefördert (125). In einigen anderen randomisierten kontrollierten Studien ergab sich hingegen eine Überlebensrate von 100% für sowohl die Test-, als auch die Kontrollgruppe (124, 128, 129).

Bezüglich der Anzahl an technischer und biologischer Komplikationen kürzerer Implantate im Vergleich zu Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift konnten die meisten Studien keinen statistisch signifikanten Unterschied erkennen (5, 121-127, 129). Jedoch schien sich, vor allem im Hinblick auf biologische Komplikationen, ein Trend zu einer höheren Zahl an Komplikationen in der Gruppe der längeren Implantaten mit Augmentationen zu ergeben (5, 121, 122).

Demgegenüber fanden *Esposito et al.* in ihrer Untersuchung kurzer (5,0 bis 8,5 mm) Implantate im Vergleich zu $\geq 11,5$ mm langen Implantaten mit bilateralem externen Sinuslift, teilweise in Kombination mit zusätzlicher Auflagerungsplastik mit autologem Knochen, in 28 zahnlosen Patienten signifikant mehr Komplikationen in der Gruppe der längeren Implantate ($P=0.013$) (120). Während keine Komplikationen in der Testgruppe beobachtet wurden, ergaben sich drei Komplikationen in zwei Patienten der Kontrollgruppe, bestehend aus Wunddehiszenzen nahe des Knochenfensters nach externem Sinuslift und palatinalen Wunddehiszenzen (120). Außerdem hatten fünf der Patienten aus der Kontrollgruppe auch noch ein Monat postoperativ Beschwerden mit einem Bedarf an Analgetika (120).

Auch in Hinblick auf die Patientenzufriedenheit konnten einige Studien keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe kurzer Implantate im Vergleich zu Implantaten in Standardlänge in Kombination mit augmentativen Verfahren feststellen (120, 126, 127). So war die Patientenzufriedenheit in einer Studie von *Gulje et al.* mit $9,4 \pm 0,8$ für kurze Implantate und $9,2 \pm 0,8$ für Implantate in Standardlänge mit Sinuslift nicht signifikant unterschiedlich (127). Auch in einer Studie von *Bechara et al.* gaben alle Patienten an in Bezug auf Funktion ($P=0.7$), Ästhetik ($P=0.5$), Hygienisierbarkeit ($P=0.6$) und generell ($P=0.7$) entweder völlig oder ausreichend zufrieden zu sein (7). Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (7). Bezüglich der Kosten zeigte sich jedoch eine signifikant höhere Patientenzufriedenheit in der Testgruppe gegenüber der Kontrollgruppe ($P=0.03$) (7). Auch

Rossi et al. fanden in ihrer Auswertung von OHIP-20E Bögen eine generelle Zufriedenheit der Patienten beider Gruppen, bei einem Trend zur höheren Patientenzufriedenheit in der Gruppe kurzer Implantate (129). *Esposito et al.* vermuteten, dass die Ermöglichung eines festsitzenden Zahnersatzes die Bereitschaft erhöhten den Aufwand und die assoziierten Schmerzen zu tolerieren (120). Dies scheint vor allem der Fall zu sein, wenn Patienten kein direkter Vergleich beider Methoden ermöglicht wird. So fanden *Felice et al.* in einer Studie im split-mouth Design, dass 5 Monate nach Belastung 15 der 20 Patienten eine Versorgung mit kurzen Implantaten präferierten, während lediglich 5 Patienten als gleichermaßen akzeptabel beurteilten (122). Der Unterschied war von statistischer Relevanz ($P < 0.0001$) (122). *Taschieri et al.* fanden dagegen in der Gruppe der kurzen Implantate signifikant weniger Schmerzen in ersten 6 Tagen post-operativ, mit einem ebenfalls signifikant geringeren Analgetika-Verbrauch, Schwellung, Hämatome, sowie einer geringeren funktionellen Beeinträchtigung des Alltags (z.B. in Bezug auf Schlafen, Kauen, Sprechen, usw.) (124). Die Werte glichen sich nach einem Jahr post-operativ an, wobei lediglich die Leichtigkeit der Mundhygienemaßnahmen in der Gruppe der kurzen Implantate signifikant besser bewertet wurde (124). Auch *Thoma et al.* fanden eine signifikante Verbesserung der Werte beider Gruppen über die Zeit (126).

Bezüglich des periimplantären marginalen Knochenabbaus fanden einige Studien keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe kurzer Implantate und Implantate in Standardlänge mit Sinuslift (24, 120, 124-127). *Rossi et al.* konnten einen statistisch signifikanten Unterschied im marginalen Knochenverlust lediglich 12 Monate nach Belastung feststellen ($-0,04 \pm 0,13$ mm in der Gruppe kurzer Implantate versus $-0,30 \pm 0,32$ mm ($p=0.023$) in der Kontrollgruppe), wobei dieser Unterschied nach 24 Monaten keine statistische Relevanz mehr ergab ($-0,28 \pm 0,37$ mm in der Gruppe kurzer Implantate versus $-0,54 \pm 0,49$ mm in der Kontrollgruppe ($p=0.128$)) (129). Demgegenüber fanden *Bechara et al.* in ihrer Studie über 3 Jahren einen signifikant größeren durchschnittlichen marginalen Knochenverlust der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift gegenüber dem der Gruppe der kurzen Implantate, sowohl nach einem Jahr (0.14 mm vs. 0.21 mm, $P = 0.006$) als auch nach 3 Jahren (0.20 mm vs. 0.27 mm, $P = 0.01$) (7). Auch *Esposito et al.* konnten einen statistisch signifikanten Unterschied im marginalen Knochenverlust nach 5 Jahren feststellen (121). Dabei betrug der durchschnittliche marginale Knochenverlust um kurze (5x5 mm) Implantate im Oberkiefer 1,25 mm versus 1,73 mm um Implantate in Standardlänge (≥ 10 mm) in Kombination mit externem Sinuslift ($P=0.024$) (121). Andere Studien kamen zu demselben

Ergebnis (122, 123), wobei *Felice et al.* argumentierten, dass diese geringen Unterschiede nicht von klinischer Relevanz seien, da ihrer Meinung nach 2,9 mm Restknochenhöhe ausreichend sein könnten um eine Prothese zu unterstützen (123).

Einige Studien konnten ferner keinen statistisch signifikanten Unterschied in klinischen Parametern hinsichtlich der Plaqueakkumulation, Blutungswahrscheinlichkeit, Konkrementablagerung, gingivalen Indices, Mobilität und Sondierungstiefen beider Gruppen feststellen (124, 126-128). Demgegenüber fanden sich widersprüchliche Ergebnisse bezüglich der Implantatstabilitätsquotienten. Während *Zhang et al.* keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich der Primär- als auch der Sekundärstabilität in Implantatstabilitätsquotienten ($P=0.54$) beobachten konnten (128), fanden *Bechara et al.* einen signifikant größeren durchschnittlichen Implantatstabilitätsquotienten in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift gegenüber dem der Gruppe der kurzen Implantate (72.4 vs. 71.6, $P = 0.004$) nach 3 Jahren (7). Dabei ist jedoch zu beachten, dass beide Studien nur geringe Fallzahlen umfassten und die Untersuchung von *Zhang et al.* auf einen extrem kurzen Beobachtungszeitraum von 3 Monaten beschränkt war. Es bedarf folglich Studien mit größeren Fallzahlen und längeren Beobachtungszeiträumen zur abschließenden Klärung des Einflusses der Implantatlänge auf klinische Parameter in der Bewertung von Implantatüberleben und -erfolg. Eine solche Bewertung ist Voraussetzung zur Einschätzung, ob kurze Implantate in der atrophierten posterioren Maxilla langfristig eine begründete Alternative zur Standardversorgung mittels Implantaten in Standardlänge in Kombination mit Sinuslift darstellen können.

2.10 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Studie ist eine Untersuchung klinischer und röntgenologischer Langzeitresultate zur Feststellung, ob kurze Implantate langfristig eine begründete Alternative zu Standardimplantaten mit Sinuslift darstellen können. Dabei sollte diese Studie als Orientierung bei einer Entscheidung zwischen den beiden genannten Therapiealternativen dienen, um eine bedarfsgerechte und zeitgemäße Patientenversorgung zu gewährleisten.

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Im Rahmen dieser retrospektiven Studie wurde das klinische und röntgenologische Langzeitresultat zwischen kurzen Implantaten und Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift verglichen. Zielgrößen der jeweiligen Gruppe waren das Implantatüberleben und der röntgenologisch mittels Panoramaschichtaufnahme erfasste vertikale Knochenabbau mesial und distal der Implantate. Darüber hinaus wurden die klinischen Parameter Sondierungstiefe, Blutungswahrscheinlichkeit und Plaqueakkumulation, sowie Perkussionsempfindlichkeiten und -schall erfasst. Hierbei handelt es sich um eine deskriptive und explorative Studie ohne eine von Beginn an festgelegte Hypothese.

Die in dieser Studie untersuchten Implantate wurden von erfahrenen Chirurgen der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen – der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz zwischen Juni 2002 und Mai 2019 inseriert. Es wurden dabei Implantate unterschiedlicher Hersteller und aller Einheilmodi und Implantationszeitpunkte berücksichtigt.

Die Durchführung dieser Studie erfolgte in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki und erhielt ein zustimmendes Votum der Ethik-Kommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz (Antragsnummer: 2019-14414). Die Vorgaben der Ethik-Kommission wurden zur Kenntnis genommen und eingehalten. Alle Patienten wurden über die Studienteilnahme informiert und willigten der anonymisierten Veröffentlichung ihrer Daten ein. Der Anteil der Patienten, der zur klinischen Nachuntersuchung zur Verfügung stand, im Vergleich zu solchen Patienten, welche lediglich telefonisch erreichbar waren, ist der Abbildung 1.1 zu entnehmen. Patienten, die lediglich telefonisch erreichbar waren, wurden dementsprechend ausschließlich in der kumulierten Überlebensrate berücksichtigt.

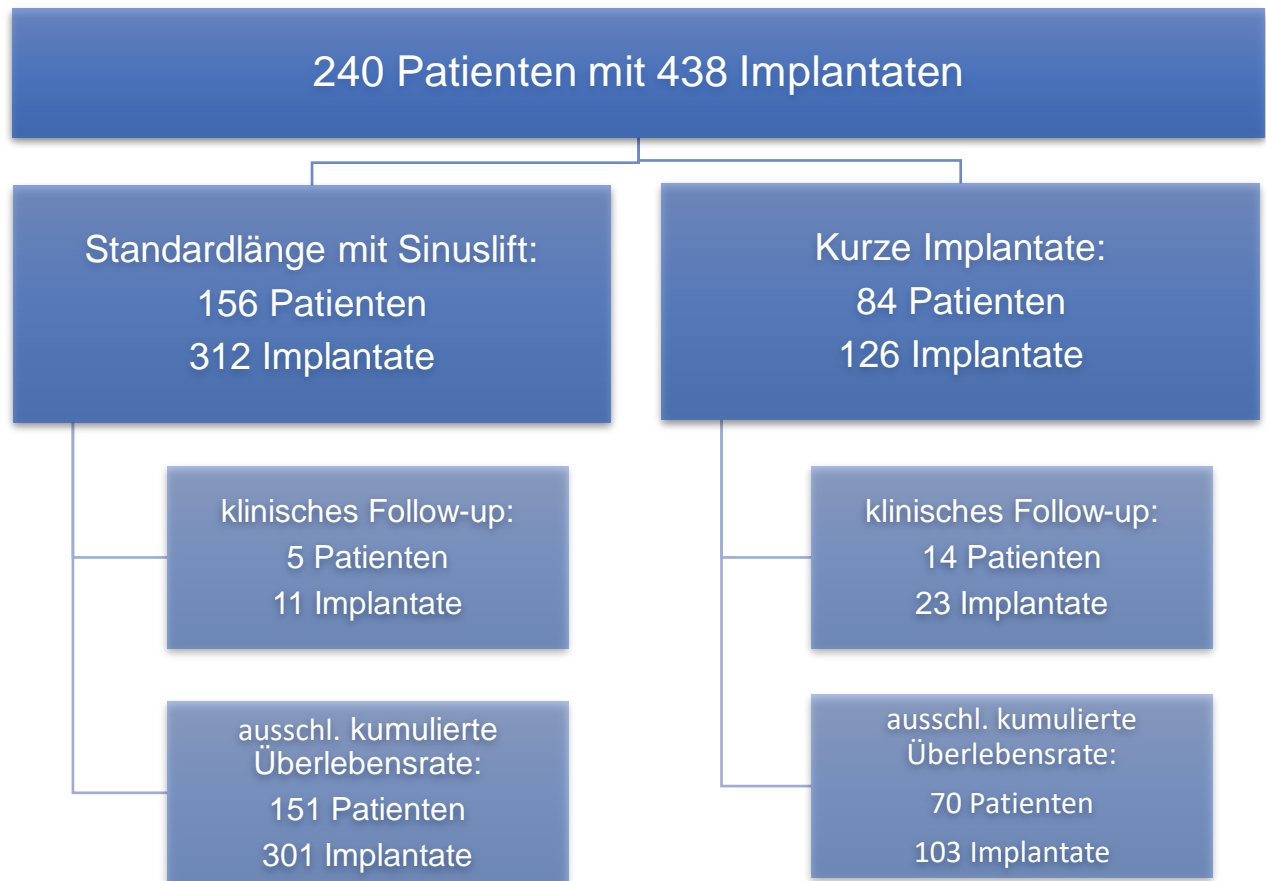


Abbildung 3-1: Übersicht über das Patientenkollektiv

3.2 Patientenkollektiv

3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen wurden Patientenfälle, in welchen im Zeitraum zwischen Januar 2002 und Mai 2019 an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, plastische Operationen, der Universitätsmedizin Mainz kurze Implantate (mit einer Länge bis einschließlich 8 mm) ohne augmentative Maßnahmen oder Implantate in Standardlänge (mit einer Länge über 8 mm) in Kombination mit einem Sinuslift inseriert wurden. Es wurden ausschließlich Implantate im Oberkiefer-Seitenzahnggebiet berücksichtigt, KFO-Gaumenimplantate wurden folglich aus der Studie ausgeschlossen. Patientenfälle, welche einen Beobachtungszeitraum von einem Monat unterschritten, wurden ebenfalls ausgeschlossen.

3.2.2 Geschlechterverteilung

Von den 156 Patienten mit Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift waren 64 Patienten (41%) männlichen und 92 Patienten (59%) weiblichen Geschlechts.

Von den 84 Patienten mit kurzen Implantaten waren 30 Patienten (36%) männlich und 54 (64%) weiblich.

Somit ergibt sich eine Geschlechterverteilung des Gesamtkollektivs von 94 männlichen zu 146 weiblichen Patienten bei insgesamt 240 Patienten.

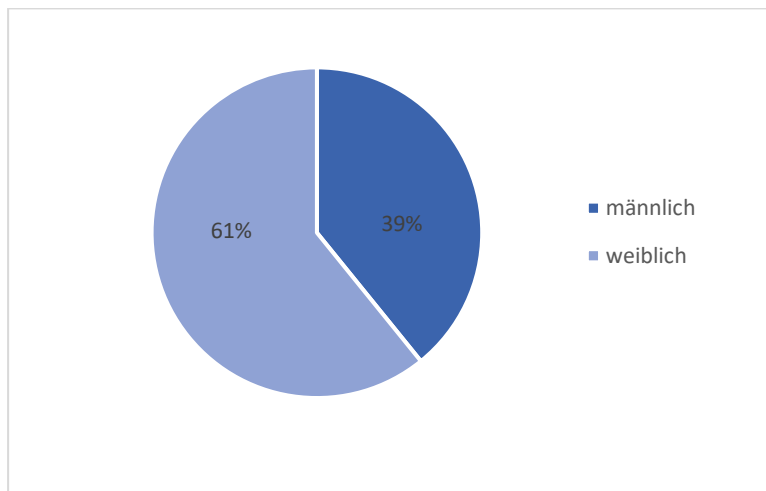


Abbildung 3-2: Geschlechterverteilung des Gesamtkollektivs

3.2.3 Altersverteilung

In der Gruppe der Patienten mit kurzen Implantaten liegt die Altersverteilung zum Erhebungszeitpunkt zwischen 20 und 89 Jahren, bei einem Mittelwert von 65 Jahren.

In der Gruppe der Patienten mit Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift liegt die Altersverteilung zum Erhebungszeitpunkt zwischen 18 und 85 Jahren, bei einem Mittelwert von 59,9 Jahren.

3.2.4 Implantatlänge

In der Gruppe der kurzen Implantate hatten 39 Implantate eine Länge von 4,5mm, 5 Implantate hatten eine Länge von 5,0mm, 15 hatten eine Länge von 6,0mm, 13 hatten eine Länge von 7,0mm und 54 eine Länge von 8,0mm.

In der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift waren 10 Implantate 8,5mm lang, 48 Implantate waren 9mm lang, 1 Implantat war 9,5mm lang, 87 Implantate waren 10 mm lang, 102 Implantate waren 11mm lang, 21 Implantate waren 11,5mm lang, 17 Implantate waren 12 mm lang, 2 Implantate waren 12,5 mm lang, 20 Implantate waren 13 mm lang und 3 Implantate waren 14mm lang. Eine Übersicht der jeweiligen Längen ist den Abbildungen 3-3 und 3-4 zu entnehmen.

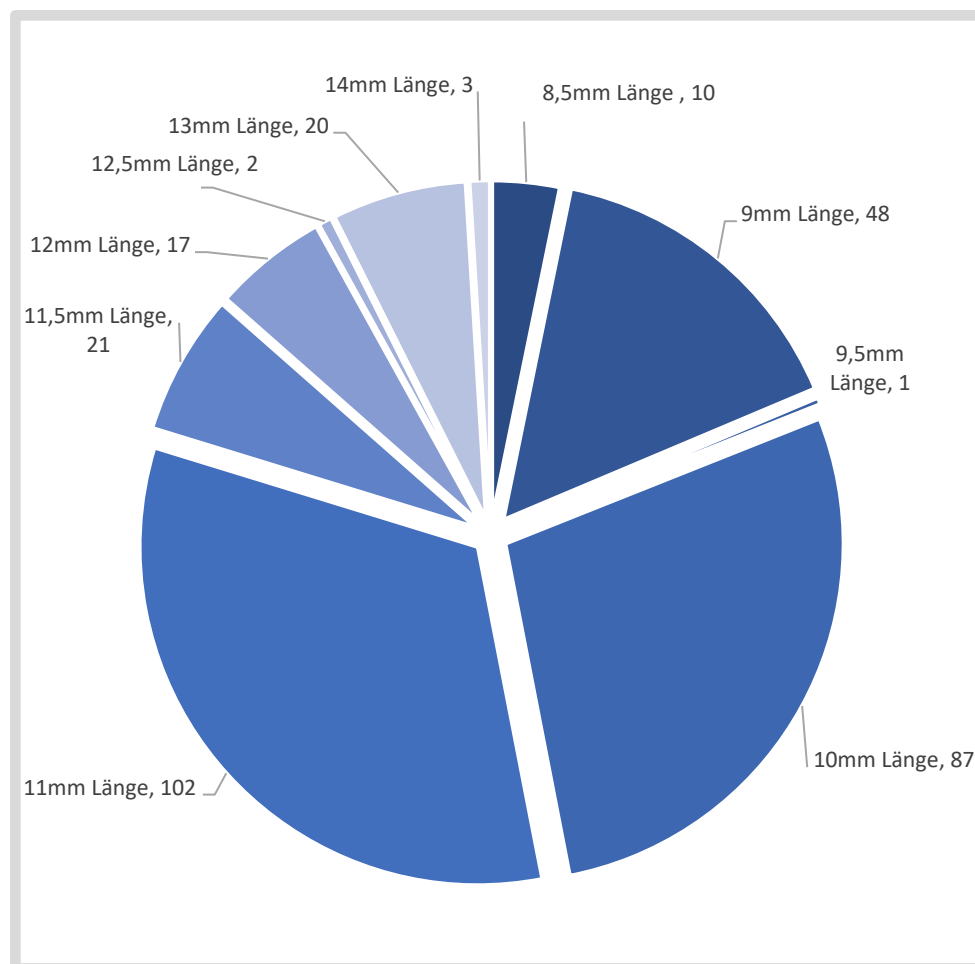


Abbildung 3-3: Längenverteilung Implantate in Standardlänge mit Sinuslift

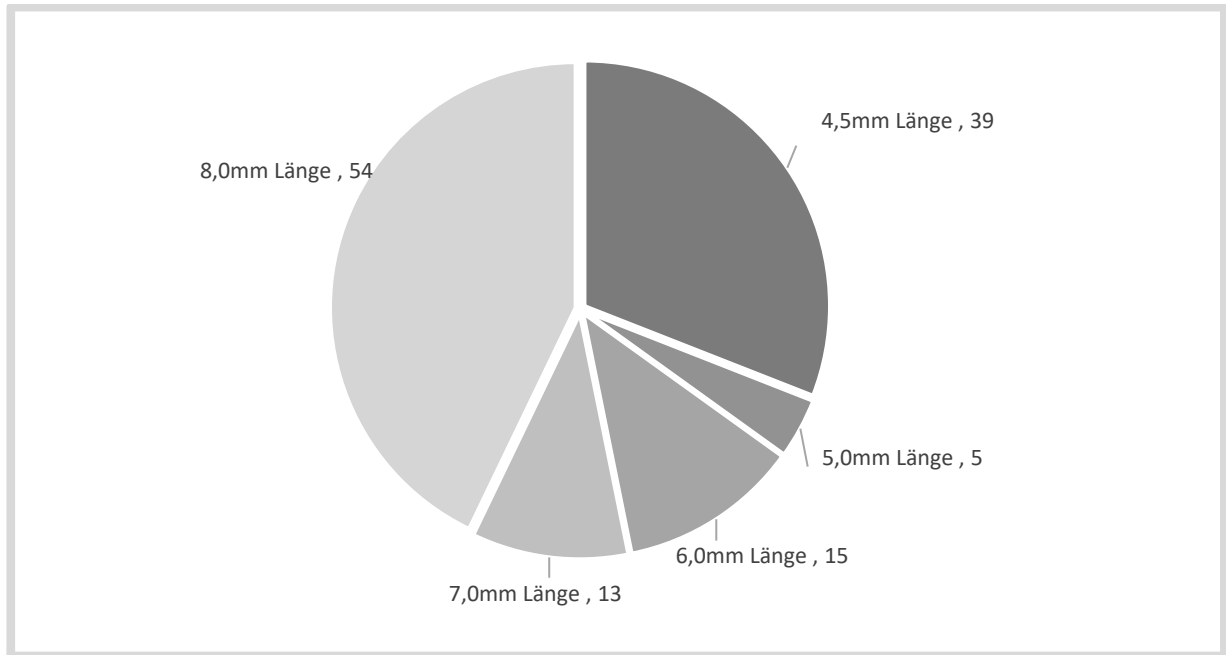


Abbildung 3-4: Längenverteilung der kurzen Implantate

3.2.5 Implantatdurchmesser

Abbildung 3-5 bietet eine Übersicht über die Verteilung der Durchmesser bei den verschiedenen Implantatgruppen.

Standardimplantate mit Sinuslift		Kurze Implantate	
Durchmesser	Anzahl	Durchmesser	Anzahl
3,0 mm	3	3,3 mm	11
3,3 mm	19	3,5 mm	4
3,4 mm	2	3,6 mm	1
3,5 mm	32	3,8 mm	1
3,6 mm	7	4,0 mm	19
3,75 mm	7	4,1 mm	31
3,8 mm	31	4,2 mm	2
4,0 mm	15	4,3 mm	4
4,1 mm	64	4,5 mm	38
4,2 mm	3	4,8 mm	2
4,3 mm	47	5,0 mm	2
4,4 mm	3	6,0 mm	10
4,5 mm	22		
4,8 mm	23		
5,0 mm	27		
5,5 mm	1		

Abbildung 3-5: Durchmesserverteilung der verschiedenen Implantatgruppen

3.2.6 Sinuslift und Augmentation

In der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift wurden an 199 (64%) der 312 Implantate ein externer Sinuslift durchgeführt, an 69 Implantaten (22%) wurde ein interner Sinuslift durchgeführt, an 8 Implantaten (3%) wurde sowohl ein interner als auch ein externer Sinuslift durchgeführt, an 26 Implantaten (8%) wurde zusätzlich zu einem Sinuslift eine Auflagerungsplastik durchgeführt und bei 10 Implantaten (3%) fehlte die Unterscheidung zwischen internem und externem Sinuslift. Eine Übersicht ist der Abbildung 3-6 zu entnehmen.

In der Gruppe der kurzen Implantate wurde die Ausführung von Sinusbodenelevationen und anderen augmentativen Verfahren als Ausschlusskriterium definiert.

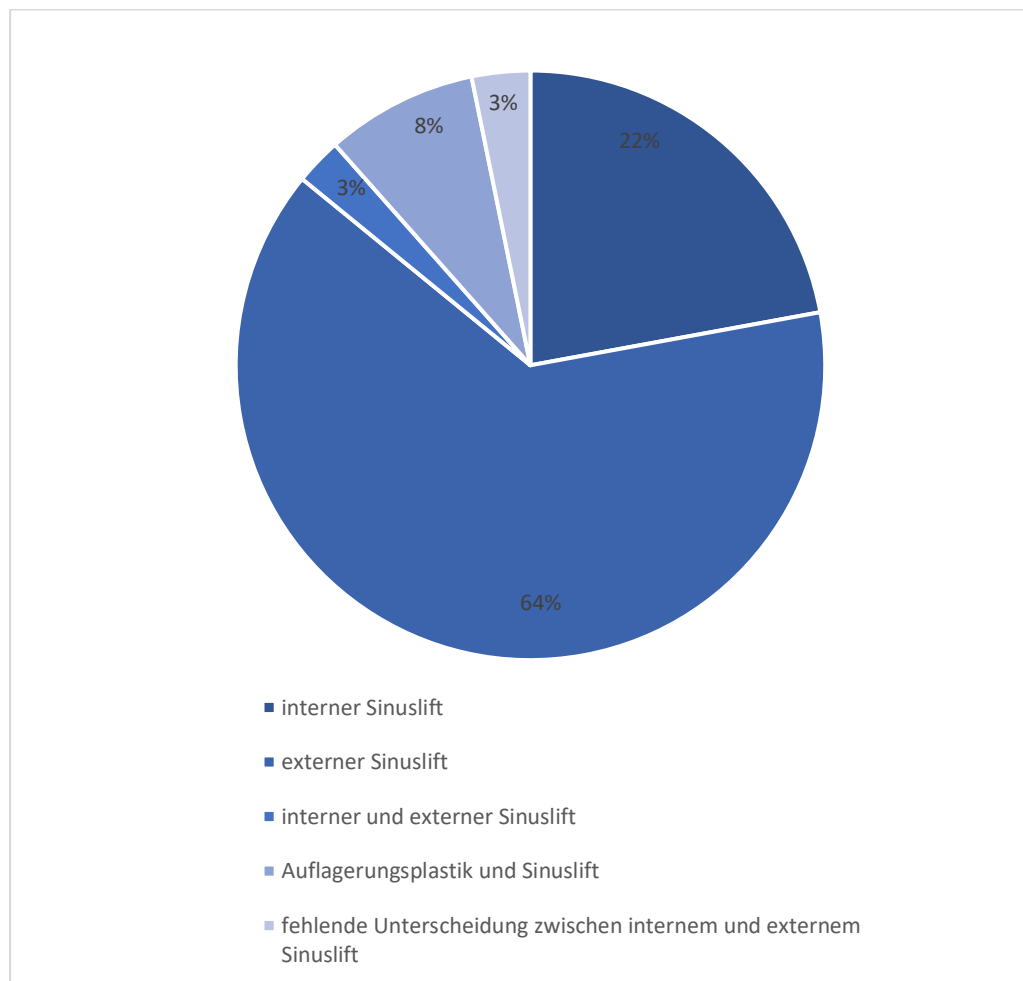


Abbildung 3-6: Durchgeführte Augmentationsmaßnahmen in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift

3.2.7 Einheilmodus

Bei 191 der untersuchten Implantate (entsprechend 73% der Implantate mit ermittelten Einheilmodi) wurde ein subgingivaler Einheilmodus gewählt, wovon 42 Implantate zu der Gruppe der kurzen Implantate zählten und die weiteren 149 Implantate der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift zugeordnet waren.

Bei weiteren 71 (entsprechend 27% der Implantate mit ermittelten Einheilmodi) der untersuchten Implantate wurde ein transgingivaler Einheilmodus gewählt, wovon 26 Implantate der Gruppe der kurzen Implantate angehörten und 45 Implantate der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift zuzuordnen waren.

In 176 Implantatfällen, davon 58 in der Gruppe der kurzen Implantate und 118 in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift, konnte der Einheilmodus retrospektiv nicht ermittelt werden.

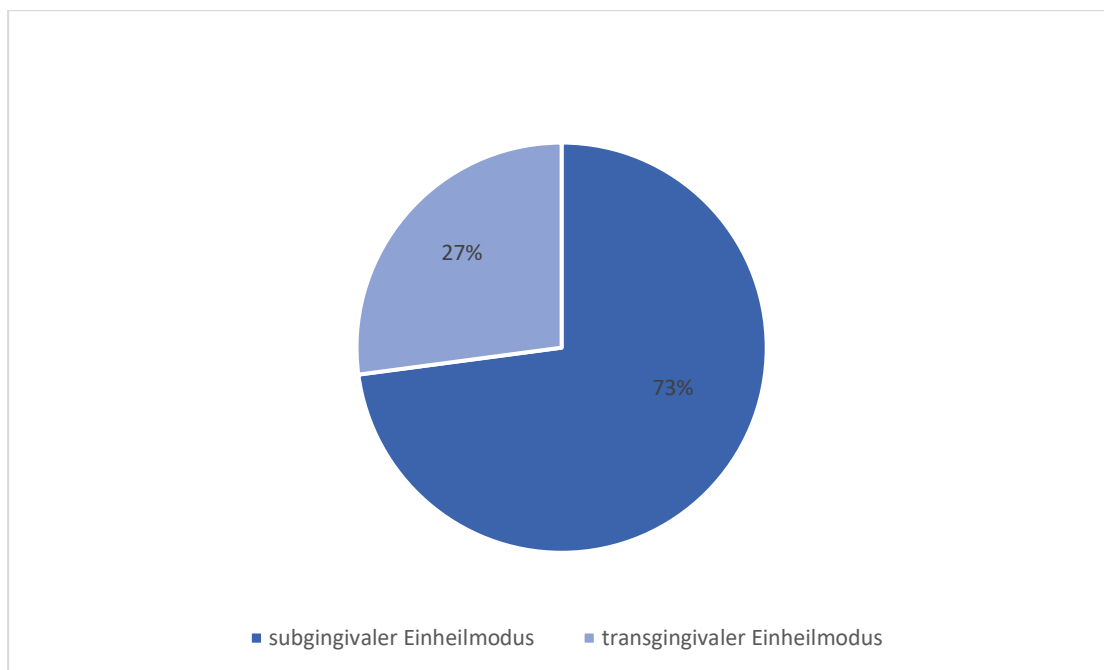


Abbildung 3-7: Ermittelte Einheilmodi der untersuchten Implantate

3.2.8 Implantationszeitpunkt

Bei 161 der untersuchten Implantate (entsprechend 93% der Implantate mit ermittelten Implantationszeitpunkten) wurde eine Spätimplantation gewählt, wovon 38 Implantate zu der Gruppe der kurzen Implantate zählten und die weiteren 123 Implantate der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift zugeordnet waren.

Bei weiteren 7 (entsprechend 4% der Implantate mit ermitteltem Implantationszeitpunkt) der untersuchten Implantate wurde eine Sofortimplantation gewählt, wovon alle 7 Implantate der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift zuzuordnen waren.

Bei weiteren 5 (entsprechend 3% der Implantate mit ermitteltem Implantationszeitpunkt) der untersuchten Implantate wurde eine verzögerte Sofortimplantation gewählt, wovon 3 Implantate der Gruppe der kurzen Implantate angehörten und 2 Implantate der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift zuzuordnen waren.

In 264 Implantatfällen, davon 85 in der Gruppe der kurzen Implantate und 179 in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift, konnte die Art des Implantationszeitpunktes retrospektiv nicht ermittelt werden.

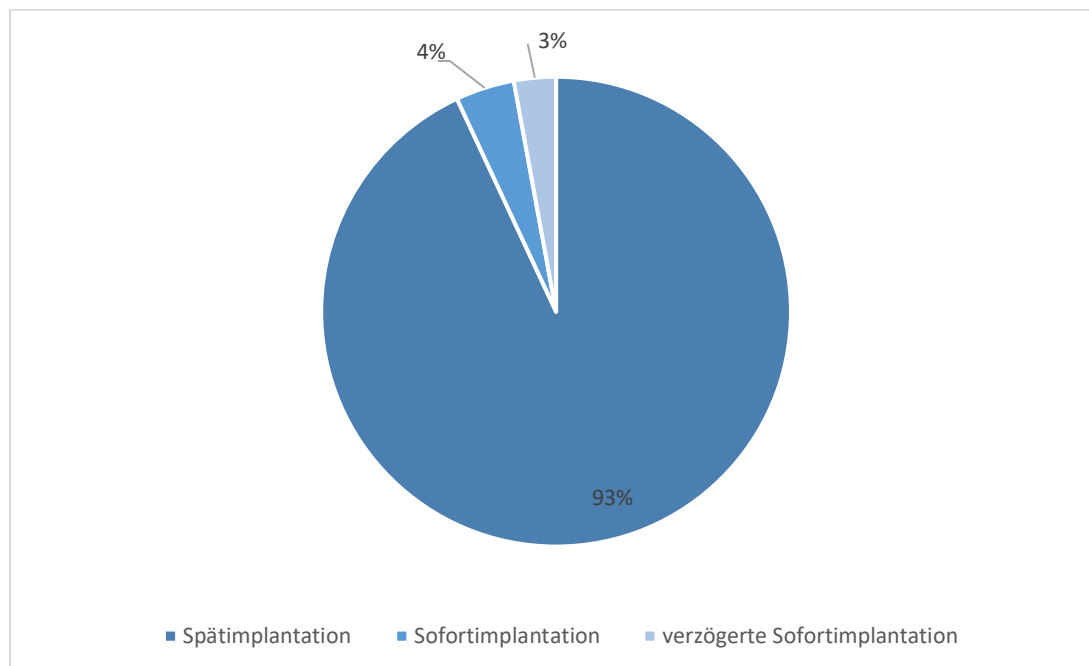


Abbildung 3-8: Ermittelter Implantationszeitpunkt der untersuchten Implantate

3.3 Datenerhebung

Zur Ermittlung des Implantatüberlebens, des röntgenologisch ermittelten marginalen Knochenverlusts und der klinischen Parameter wurde die folgende Vorgehensweise gewählt. Die patientenbezogenen Implantatdaten (Einsetzdatum, Implantatlänge, -typ, -durchmesser, -oberfläche, Chargennummer, Artikelnummer, Einheilmodus, Implantationszeitpunkt und ggf. Augmentationsart) wurden in den Programmen ImpDat, Visident, SAP und Sidexis erfasst. Die entsprechenden Patienten wurden telefonisch kontaktiert und zum Follow-up einbestellt. Patienten die nicht persönlich zur Follow-up Untersuchung erscheinen konnten, wurden telefonisch zum Implantatüberleben und zur Zufriedenheit mit dem Implantat befragt, falls eine aktuelle Panoramaschichtaufnahme bei dem jeweiligen Hauszahnarzt angefertigt wurde und eine Einwilligung zur Weitergabe von Seiten des jeweiligen Patienten vorlag, wurde diese zur Auswertung herangezogen. Dabei wurde ein Implantatüberleben mit einer Position des Implantates in situ definiert. Im Rahmen des klinischen Follow-ups wurden verschiedene klinische Parameter herangezogen, welche im Folgenden beschrieben werden sollen.

3.3.1 Mobilität

Osseointegration wird als enger, direkter und anhaltender Kontakt zwischen vitalem Knochen und Implantatoberfläche definiert (130). Die Mobilität eines Implantats wird häufig als Zeichen einer fehlenden Osseointegration oder dem Verlust einer solchen Verankerung gewertet.

Gründe für die Mobilität eines Implantates können in der thermischen Schädigung des Knochens während der Lagerpräparation, einer mangelnden Primärstabilität, Infektionen während der Einheilphase, vorzeitige mechanische Belastung oder einem avitalen oder strukturschwachem Knochenlager liegen (27). Langfristig können chronisch fortschreitende periimplantäre Erkrankungen, sowie die mechanische Überlastung der Kontaktfläche zwischen Implantat und Knochen zu einem Verlust der knöchernen Verankerung führen (27). Dabei ist jedoch zu beachten, dass Mobilität kein sensitiver Parameter für periimplantäre Erkrankungen darstellt, bei denen weiteren klinischen Parametern und der röntgenologischen Diagnostik der Vorzug gegeben werden sollten (131). Im Rahmen dieser Studie wurde die Mobilität, als Zeichen einer verloren gegangenen oder einer nie etablierten knöchernen Verankerung, erfasst. Dabei wurde versucht die Implantate mit den Instrumentengriffen zweier Dentalspiegel in horizontaler und vertikaler Richtung zu bewegen. Die statische Beweglichkeit der untersuchten Implantate wurde anschließend analog zu den durch die *Deutsche Gesellschaft für Parodontologie* definierten Beweglichkeitsgrade wie folgt bewertet: (42)

- Grad 0: keine klinisch erkennbare Beweglichkeit
- Grad 1: spürbare oder sichtbare Beweglichkeit bis 1 mm horizontal
- Grad 2 sichtbare Beweglichkeit über 1 mm horizontal
- Grad 3: beweglich auf Lippen- und Zungendruck und/oder in axialer Richtung

3.3.2 Perkussion

Perkussion und Kräfte bis zu 500 g können klinisch eingesetzt werden um das Implantat auf Schmerzen und Empfindlichkeiten zu untersuchen (32). Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden Implantate umfassend auf eine mögliche Perkussionsempfindlichkeit in horizontaler und vertikaler Richtung untersucht. Primär eingehheilte Implantate sollten dabei keine Schmerzen bei vertikaler oder horizontaler Perkussion aufweisen. Implantatlockerungen, Periimplantitis und Irritationen lokaler Nerven können Ursache für Schmerzen und Empfindlichkeiten am Implantat sein, jedoch handelt es sich bei der Schmerzursache weit häufiger um eine unzureichende Passung der prothetischen Versorgung und eine Druckbelastung der Weichgewebe (32).

Des Weiteren kann anhand des Perkussionstests die Intensität des Implantat-Knochenkontaktes, als Ausdruck der Sekundärstabilität, beurteilt werden (27). Dabei ist bei einer vorliegenden Osseointegration durch eine schwächere Dämpfung ein vergleichsweise hellerer Klopfeschall zu erwarten als der eher dumpfere Klopfeschall, welcher mit fehlender Osseointegration/bindegewebiger Einheilung assoziiert ist (132, 133). Jedoch handelt es sich hierbei um ein eher subjektives Testverfahren, welches im Zweifel durch Untersuchung auf Mobilität und röntgenologisch ermittelbaren Knochenabbau bestätigt werden sollte.

3.3.3 Modifizierter Plaqueindex nach *Mombelli*

Der implantat-spezifische modifizierte Plaqueindex nach *Mombelli* wurde eingesetzt, um die lokale Plaqueakkumulation an Implantat und Suprakonstruktion zu quantifizieren, um lokale Einflüsse und Besonderheiten wie z.B. in der Mundhygiene, dem lokalen Speichelfluss und der Zusammensetzung des Speichels zu berücksichtigen. Nach *Mombelli* wird die Plaqueakkumulation am Implantat wie folgt eingeteilt: (134, 135)

0 = keine Plaqueablagerung durch Inspektion und Sondierung zu erkennen

1 = nur durch das Abstreifen mittels stumpfer Sonde auf einer glatten Implantatoberfläche erkennbare Plaqueablagerung

2 = mit bloßem Auge sichtbare Plaqueablagerung

3 = massive Plaqueablagerung

3.3.4 Modifizierter Approximalraum-Plaque-Index (API) nach *Lange et al.*

Der Modifizierte Approximalraum-Plaque-Index (API) nach *Lange et al.* kann verwendet werden, um die Mitarbeit des Patienten einzuschätzen, da eine besonders gründliche Mundhygiene als Voraussetzung zur vollständigen Entfernung der sich im Approximalraum befindlichen Plaque gewertet wird (42, 136). Der modifizierte Approximalraum-Plaque-Index (API) kann neben der Bewertung von Approximalräumen natürlicher Zähne auch zur Bewertung der Approximalräume implantatgetragener, festsitzender Suprakonstruktionen verwendet werden (137). Dabei erfolgt die Bewertung im ersten und dritten Quadranten oral und im zweiten und vierten Quadranten vestibulär in Form einer Ja-/Nein-Entscheidung nach Anfärben der Plaque mittels Plaquerelevatoren (42, 136).

Anschließend wird der Approximale Plaqueindex mittels der folgenden Formel berechnet und entsprechend des ermittelten Prozentwertes wie folgt eingeteilt: (42)

$$API = \frac{\text{positive Plaquemessungen} \times 100}{\text{Summe der Approximalraum – Messpunkte}}$$

- API < 25% entspricht einer optimalen Mundhygiene
- API 25-39% entspricht einer guten Mundhygiene
- API 40-69% entspricht einer mäßigen Mundhygiene
- API 70-100% entspricht einer unzureichenden Mundhygiene

3.3.5 Modifizierter Sulkusblutungsindex nach *Mombelli*

Wie auch im Weichgewebe um natürliche Zähne kommt es durch Plaqueablagerung auf der Implantatoberfläche bzw. der Oberfläche der Suprakonstruktion zu entzündlichen Reaktionen des periimplantären Weichgewebes, was sich in einer erhöhten Blutungsneigung des periimplantären Weichgewebes widerspiegeln kann. Dabei fanden prospektive Studien vor allem einen hohen negativen prädiktiven Wert in der Abwesenheit einer solchen Blutung auf Sondierung als Zeichen stabiler periimplantärer Weichgewebsverhältnisse (138, 139).

Zur Ermittlung des modifizierten Sulkusblutungsindex wird eine Sonde parallel zum Rand des Weichgewebes 1 mm tief in die gingivale Tasche eingeführt und über die Oberfläche des Implantates gestrichen. Die Auswertung erfolgt nach 20 Sekunden (140). Zur Auswertung schlugen *Mombelli et al.* folgenden Einteilung vor: (134)

- Grad 0: Keine Blutung bei Sondierung entlang des Gingivalrandes an der Implantatoberfläche
- Grad 1: Isolierte Blutungspunkte sichtbar
- Grad 2: Bildung eines konfluierenden Blutstrichs entlang des Gingivalrandes
- Grad 3: Schwere Blutung

3.3.6 Sondierungstiefe

Durch Sondierung kann bei physiologischen periimplantären Verhältnissen die apikale Ausdehnung der epithelialen Grenzsicht ermittelt werden. Dabei gilt unter moderat physiologischen Umständen das periimplantäre klinische Attachmentlevel (CAL) als zuverlässiger Indikator für das marginale Knochenniveau (141). Die Ermittlung der Sondierungstiefe durch Sondierung mit einem Druck von 0,2 bis 0,25 N gilt als essentielle klinische Untersuchung in der Diagnostik periimplantärer Erkrankungen. Hierbei werden periimplantäre Sondierungstiefen von 2-4 mm als Normalwerte bei gesunden periimplantären Verhältnissen angesehen, bei Bone Level Implantaten und dickem gingivalen Typus können jedoch auch höhere Sondierungstiefen der Norm entsprechen (16). Im Rahmen einer periimplantären Entzündung kann es zur erhöhten Permeabilität der epithelialen Grenzsicht kommen (51). Dabei kann das Eindringen der Sonde in die Bindegewebsschicht und eine Taschenbildung zu einer erhöhten Sondierungstiefe führen (51, 142). Dahingegen

kommt die Sondenspitze unter physiologischen Verhältnissen koronal der terminalen Grenzschicht auf Höhe der Bindegewebsschicht zum Erliegen (142). Abbildung 3-9 stellt einen histologischen Vergleich zwischen der Sondierung unter physiologischen und entzündlichen Verhältnissen dar.

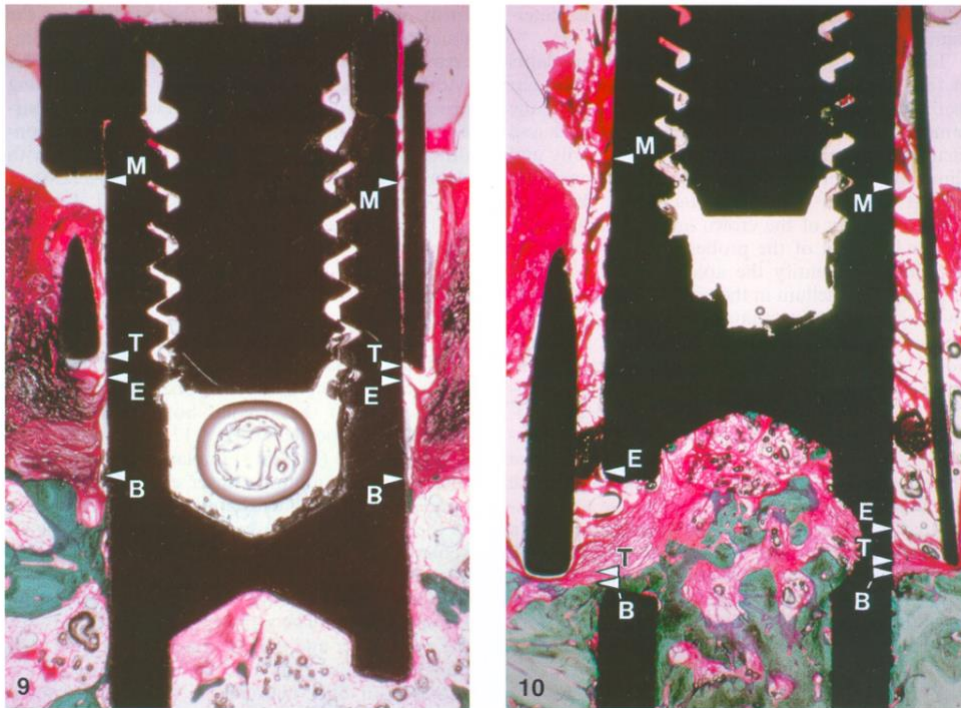


Abbildung 3-9: Histologische Darstellung einer Sonde in situ bei physiologischen Schleimhautverhältnissen (links) und Periimplantitis (rechts) (20fache Vergrößerung). M=Gingivalrand, T=Sondenspitze, E=apikales Ende der terminalen Grenzschicht, B=Alveolarkamm (142)

Eine Zunahme der Sondierungstiefe über die Zeit ist dabei mit einem Verlust des Attachments und des periimplantären Alveolarknochens assoziiert (51, 142, 143). Im Rahmen des klinischen Follow-ups wurde die Sondierungstiefe mittels Perio-Probe™ (Kerr Dental) an vier Punkten ermittelt: mesio-bukkal, disto-bukkal, mesio-palatinal, disto-palatinal.

3.3.7 Röntgenologische Ermittlung des marginalen Knochenverlustes

Zur Erfassung der in vielen Erfolgskriterien (28-32, 41, 43) geforderten Ermittlung des marginalen Knochenverlustes wird die Röntgendiagnostik als nicht-invasives Verfahren benötigt. Durch sie kann die Stabilität der periimplantären Knochenhöhe als Verankerungszone eines Implantates bewertet werden (27, 51).

Prinzipiell stehen verschiedene röntgenologische Verfahren zur Verfügung, dazu zählen vor allem intraorale Tubusaufnahmen, Panoramaschichtaufnahmen, die digitale Volumentomographie (DVT) und Computertomographie (CT). Im Vergleich haben zweidimensionale Verfahren generell eine höhere Auflösung mit circa 10-25 Linienpaare pro Millimeter (lp/mm) im Falle von Intraoralen Tubusaufnahmen und 3-5 lp/mm im Falle von Panoramaschichtaufnahmen besitzen, während dreidimensionale Verfahren eine geringere Auflösung mit ca. 1-2 lp/mm (DVT) oder weniger (C.T.) aufweisen (144). Weitere Nachteile der dreidimensionalen Aufnahmen liegen in der Artefaktbildung durch Strahlaufhärtung um metallische Gegenstände (145), der höheren Strahlenexposition (146, 147) und den höheren Kosten, so dass dreidimensionale Verfahren spezifischen Indikationsstellungen vorbehalten bleiben.

Obwohl intraorale Tubusaufnahmen in der Regel eine höhere Auflösung besitzen und (insbesondere im Unterkiefer Seitenzahnbereich) empfohlen werden (44, 144), kamen mehrere vergleichende Studien zu dem Ergebnis, dass Panoramaschichtaufnahmen eine gleichwertige Alternative zur Beurteilung der periimplantären Knochenhöhe darstellen können (148-150). Vorteile der Panoramaschichtaufnahme lagen darin, dass in einer vergleichenden Studie in der Gruppe der Panoramaschichtaufnahme weniger nicht auswertbare Bereiche vorlagen als in der Gruppe der intraoralen Tubusaufnahmen (149).

Ferner ist in manchen Fällen die Paralleltechnik aus anatomischen Gründen nicht anwendbar, was ein Ausweichen auf die Halbwinkeltechnik notwendig machen kann. Diese verursacht jedoch auf Grund des nicht senkrechten Auftreffens der Strahlen auf den Bildempfänger Verzerrungen und kann durch die mangelnde Standardisierung die Reproduzierbarkeit in der Verlaufskontrolle einschränken (151).

Nachteile beider Verfahren liegen in der Methodik: Durch das Projizieren einer dreidimensionalen Struktur auf eine Fläche zur Erzeugung eines zweidimensionalen Bildes, kommt es zur Übereinanderprojizierung von Grenzlinien anatomischer Strukturen, was zu

Fehleinschätzungen periimplantärer Knochendefekte führen kann (152). Defekte oral und vestibulär der Implantate können ebenfalls nicht bewertet werden.

Durch die digitale Methodik mit der Möglichkeit zur Bildnachbearbeitung können Röntgenbilder in ihrer Helligkeit verändert und vergrößert werden, sowie mittels Filter Strukturen hervorgehoben werden, um eine Verbesserung des Kontrastes zu ermöglichen (152). Hierdurch können Messstrecken besser erkannt und Ablesefehler minimiert werden (152). Ebenso ermöglichen die eben genannten Möglichkeiten zur Bildnachbearbeitung oftmals eine Auswertung von Aufnahmen, welche der herkömmlichen visuell-metrischen Methode der Auswertung nicht zugänglich waren (152).

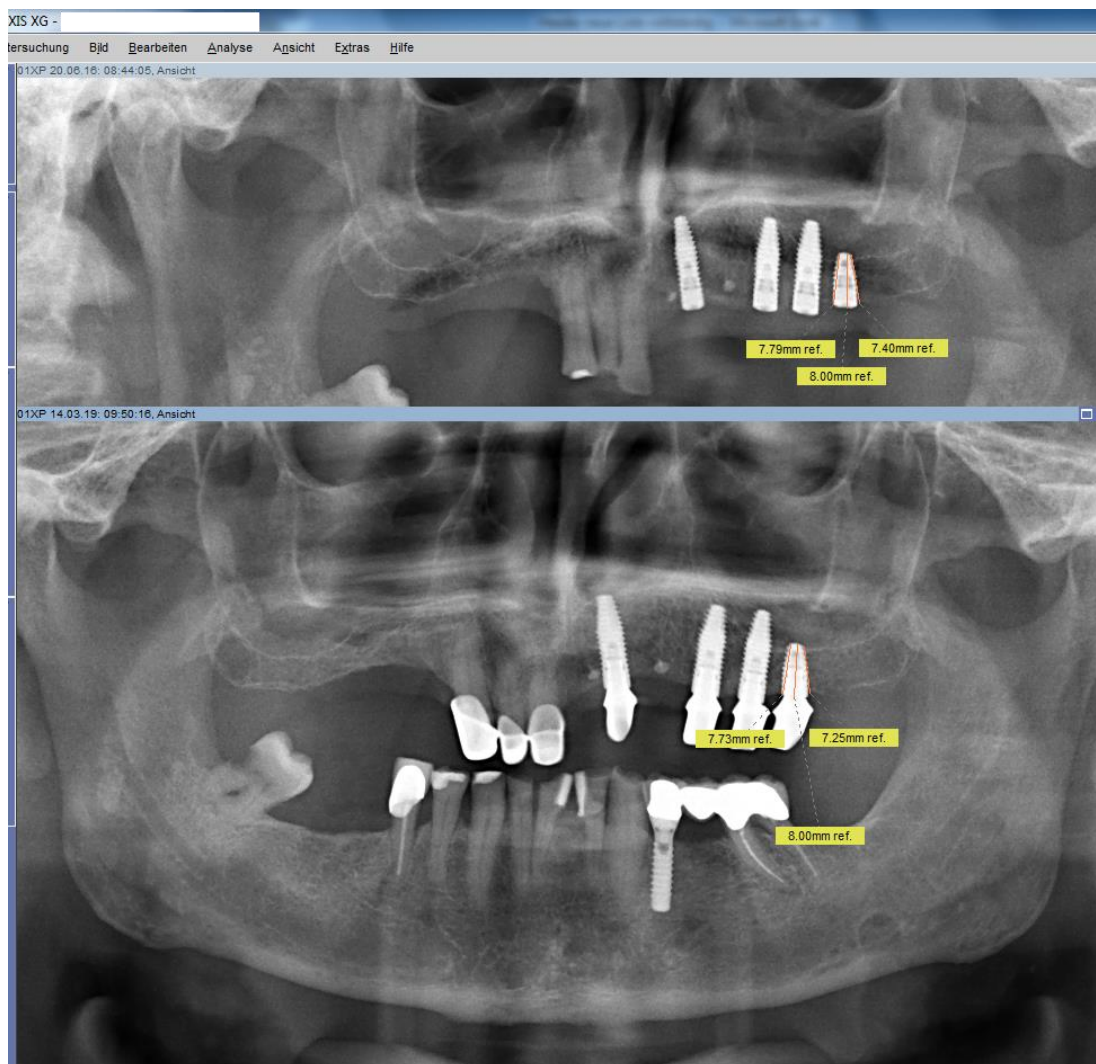


Abbildung 3-10: Röntgenologische Ermittlung des marginalen Knochenverlustes

Die röntgenologische Ermittlung des marginalen Knochenverlustes erfolgte digital-metrisch mittels des Programmes Sidexis unter der ausschließlichen Verwendung von Panoramaschichtaufnahmen. Dabei wurde zunächst die Länge des Implantates in Implantationsachse gemäß Herstellerangaben (im Regelfall ausgehend von der Implantatschulter bis zur apikalsten Fläche oder Spitze des Implantates) vermessen. Anschließend wurde die digital-metrisch erfasste Strecke mittels der in den Datenbanken ImpDat, Visident, SAP vermerkten Implantatlänge nach Herstellerangabe geeicht um den möglichen Verzerrungsfehler im Röntgenbild zu korrigieren. Im Anschluss wurde das krestale Knochenniveau mesial und distal des Implantates vermessen. Dabei wurde ein auf sowohl dem Ursprungs-, als auch dem Follow-up-Röntgenbild reproduzierbar erkennbarer Referenzpunkt gewählt und die Differenz zwischen dem im Ursprungs- und Follow-up-Röntgenbild ermittelten Knochenniveau in Millimetern erfasst. Das Aufnahmedatum beider Panoramaschichtaufnahmen wurde notiert und der Beobachtungszeitraum berechnet. Das Messverfahren zur röntgenologischen Ermittlung des marginalen Knochenverlustes ist Abbildung 3-10 zu entnehmen.

3.3.8 Fragebögen

Da neben dem durch klinische Nachuntersuchungen erfassbare medizinische Erfolg eines Implantates auch die subjektive Bewertung des Implantates durch den Patienten in die Erfolgsbeurteilung mit einfließen sollte, wurden die Patienten in der Nachuntersuchung gebeten zwei Fragebögen auszufüllen. Hierbei handelte es sich zum einen um einen eigens erstellten Fragebogen zur Bewertung der Zufriedenheit des Patienten, sowie der Einschätzung möglicher Risikofaktoren und dem standardisierten OHIP-G14 Fragebogen zur Bewertung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität. Eine solche Abfragung der Patientenzufriedenheit ist nicht zuletzt auf Grund der Komplexität der klinischen Erfolgsbestimmung einer prothetischen Versorgung von hoher klinischer Relevanz und wurde unter anderem auch im Rahmen der Festlegung von Kriterien zur Klassifizierung des Implantaterfolges bei der Pisa Consensus Conference durch den *International Congress of Oral Implantologists (ICOI)* gefordert (32).

Aufkleber Anmelde-/Patientennummer

UNIVERSITÄTSMEDIZIN

Implantatbezogene Fragen

Waren Sie Regelmäßig bei einer Nachuntersuchung/Kontrolle? Wenn ja, in welchen zeitlichen Abständen?

Wie zufrieden sind Sie mit Ihrem Implantat/ Ihren Implantaten?

Wie zufrieden waren Sie mit der Operation?

Wie zufrieden waren Sie mit der prothetischen Versorgung?

Wie bewerten Sie Ihre Mundhygiene?

Wie viele Implantate wurden bei Ihnen implantiert? Wie viele davon haben Sie nicht mehr?

Knirschen Sie? Bzw. wie stark belasten Sie Ihr Implantat?

Wikis und Publikation für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie: Praktische Operationen... der Universitätsklinik für Zahnärztliche Maxillofaciale Chirurgie im Rahmen der Operationen von Kopf, Hals, Hals-Nase

OHIP-G 14

Fragebogen zur mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität

Bitte prüfen Sie für Jede der folgenden Aussagen, wie sehr die beschriebene Situation für Sie persönlich zutrifft. Kreuzen Sie bitte für Jede Aussage eine Zahl an.

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?	4	3	2	1	0
das Gefühl, Ihr Geschmackssinn war beeinträchtigt?	4	3	2	1	0
den Eindruck, dass Ihr Leben ganz allgemein weniger zufriedenstellend war?	4	3	2	1	0
Schwierigkeiten zu entspannen?	4	3	2	1	0

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?	4	3	2	1	0
dass Sie Ihre Mahlzeiten unterbrechen mussten?	4	3	2	1	0
dass es Ihnen unangenehm war, bestimmte Nahrungsmittel zu essen?	4	3	2	1	0
dass Sie anderen Menschen gegenüber eher reizbar gewesen sind?	4	3	2	1	0
dass es Ihnen schwergefallen ist, Ihren alltäglichen Beschäftigungen nachzugehen?	4	3	2	1	0
dass Sie vollkommen unfähig waren, etwas zu tun?	4	3	2	1	0
dass Sie sich ein wenig verlegen gefühlt haben?	4	3	2	1	0
dass Ihre Ernährung unbefriedigend gewesen ist?	4	3	2	1	0

Hatten Sie im vergangenen Monat ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
Schmerzen im Mundbereich?	4	3	2	1	0
ein Gefühl der Unsicherheit in Zusammenhang mit Ihren Zähnen, Ihrem Mund oder Ihrem Zahnersatz?	4	3	2	1	0

Vielen Dank! © Gestaltung: IDZ, 2005

Abbildung 3-11: Von den Patienten im Recall ausgefüllte Fragebögen. Eigens erstellter Fragebogen (links und mitte) und OHIP-G 14 (rechts). Die Fragebögen in Originalgröße sind dem Anhang unter 8.1 und 8.2 zu entnehmen.

Der OHIP (Oral health impact profile, Deutsch: Einflussprofil Mundgesundheit) wurde 1994 von *Slade* und *Spencer* entworfen, um den Einfluss von Störungen der Mundgesundheit auf das subjektive Wohlbefinden zu bewerten (153, 154). Dies sollte die Bewertung zahnärztlicher Behandlungsmethoden und Priorisierung von Behandlungszielen durch Beurteilung der sozialen Auswirkungen ermöglichen (153). Dabei fand die Erhebung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität mittels OHIP-Bögen in zahlreichen Studien im

Kontext einer Implantatversorgung Anwendung (6, 155-160). 1997 entwickelte *Gary Slade* durch streichen häufig unbeantworteter Fragen den ursprünglich 49 Punkte umfassenden OHIP-49 Bogen weiter zu einer kürzen Version, dem OHIP-14, welcher 94% der Varianz des ursprünglichen OHIP-49 aufklärte. (153, 161). Dabei wurden die 7 Dimensionen (funktionelle Einschränkung, körperliche Schmerzen, psychische Beschwerden, körperliche Einschränkungen, psychische Einschränkungen, soziale Einschränkungen und Handicap) und Häufigkeitsangabe in den letzten 12 Monaten auf einer Skala von „nie“ (0) zu „sehr oft“ (4) beibehalten (153, 161). Zur Auswertung wurde ursprünglich der jeweils erzielte Wert mit einem Wichtungsfaktor multipliziert und summiert (153), was sich im Verlauf jedoch als nicht zweckmäßig herausstellte, so dass eine einfache Summierung empfohlen wurde (162). In der Bestimmung von Prävalenz und Ausmaß werden lediglich die Werte „oft“ (3) und „sehr oft“ (4) berücksichtigt, während in der Berücksichtigung von der Schwere einer Erkrankung auch die Werte „ab und zu“ (2) und „kaum“ (1) berücksichtigt werden (153).

Da die deutsche Version des verkürzten OHIP-Bogens, der OHIP-G14, aufgrund seiner Kürzung auf die wesentlichen Fragen, als zuverlässiges Mittel zur Bewertung der Dimensionen psychosoziale Auswirkungen, Erscheinungsbild, sowie orofazialer Funktionsfähigkeit und Schmerzen gilt (163) und der Zeitaufwand als im klinischen Setting zumutbar angesehen werden kann, fand dieser im Rahmen dieser Studie Anwendung. Der OHIP-G14 Fragebogen ist dem Anhang unter 8.2 zu entnehmen.

Zur Erweiterung des OHIP-G14 Bogens wurde ein separater Fragebogen erstellt, in welchem relevante Allgemeinerkrankungen und Habits, sowie die allgemeine Patientenzufriedenheit auf einer 5-Stufigen Skala von „sehr zufrieden“ bis „sehr unzufrieden“ bzw. von „sehr gut“ bis „ungenügend“ abgefragt wurden. Dabei wurden unter anderem die von *Schiegnitz* und *Kämmerer* definierten systemischen Erkrankungen als Risiko für die Implantattherapie (164), wie z.B. Diabetes mellitus, Osteoporose, die Einnahme von Antiresorptiva und Radiatio abgefragt und quantifiziert. Der selbsterstellte Fragebogen ist dem Anhang unter 8.1 zu entnehmen.

3.4 Datenverarbeitung und statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden pseudonymisiert in speziell angefertigten Erhebungs-Tabellen mittels Microsoft Excel erfasst und auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft. Die weitere Datenverarbeitung erfolgte mittels Microsoft Excel 2018 und IBM SPSS Statistics 23 V5 R.

Die Bestimmung der Überlebensrate erfolgt üblicherweise durch eine Verweildaueranalyse (27). Im Gegensatz zur sogenannten „Input-Output-Statistik“, bei welcher die Anzahl der Implantatverluste zu der Gesamtzahl gesetzter Implantate in ein Verhältnis gesetzt werden, wird in einer Verweildaueranalyse die Wahrscheinlichkeit eines Implantatverlusts auf Basis der Liegezeit berechnet (27). Durch die Einbeziehung der Liegezeit liegen die Implantatüberlebensraten bei Verweildaueranalysen signifikant niedriger als bei den einfachen Input-Output-Statistiken (27).

Die Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier ist ein häufig eingesetztes Verfahren der Verweildaueranalyse zur Untersuchung der Überlebenswahrscheinlichkeiten von Implantaten (165-167) und wird daher auch in dieser Studie verwendet. Dabei wird in dieser Studie der Zeitpunkt als „Ereignis“ definiert, zu welchem sich ein Implantat erstmalig nach der Implantation nicht mehr in situ befindet. Die Besonderheit des Kaplan-Meier Verfahrens liegt in der Berücksichtigung sogenannter zensierter Daten, welche Zeitpunkte darstellen, zu welchen ein solches Ereignis noch nicht eingetreten ist, bei der jedoch die Möglichkeit besteht, dass ein solches Ereignis zu einem späteren Zeitpunkt auftritt, dieses jedoch dann gegebenenfalls nicht in der Studie berücksichtigt werden kann (168). Es wird somit die Wahrscheinlichkeit abgeschätzt, mit welcher ein solches Ereignis in einem bestimmten Zeitintervall nicht auftritt (168). Ein Vergleich der Kaplan-Meier Kurven beider Implantatgruppen erfolgte mittels Log-Rank-Test. Dabei wurde das Signifikanzniveau auf 0.05 festgelegt.

Unsicherheiten der Verweildaueranalysen ergeben sich durch die als „Confounder“ bezeichneten Variablen, da in einem Kollektiv Implantate als Einzelimplantate vorliegen können (ein Implantat pro Patient) oder eben auch als eine Restauration getragen von mehreren Implantaten in einem Patienten. Da individuelle Risikofaktoren das Implantatüberleben von mehreren Implantaten gleichzeitig beeinflussen können und das Implantatüberleben nicht getrennt voneinander betrachtet werden kann, müssen solche Risikofaktoren in der Berechnung der Verweildaueranalyse berücksichtigt werden. Eine

Methode diese Problematik zu vermeiden liegt in einer patientenbezogenen Berechnung, bei der nur jeweils ein Implantat pro Patient in die Verweildaueranalyse miteinkalkuliert wird, was jedoch, verglichen mit implantatbezogenen Statistiken in denen alle gesetzten Implantate eines Patienten berücksichtigt werden, zu vergleichsweise niedrigeren Werten in der errechneten Implantatüberlebensrate führt (27) und mit einem erheblichen Informationsverlust einhergeht. Daher wird eine Anpassung des Cox-Modells zur Berücksichtigung verschiedener Confounder häufig vorgenommen (165, 169, 170). Diese Vorgehensweise wurde auch in dieser Studie gewählt.

Der Mann-Whitney-U-Test wurde verwendet, um den röntgenologisch ermittelten marginalen Knochenverlust, den modifizierten Plaqueindex nach *Mombelli*, den modifizierten Approximalraum-Plaque-Index (API) nach *Lange et al.*, den modifizierten Sulkusblutungsindex nach *Mombelli*, die Sondierungstiefen und die Patientenzufriedenheit auszuwerten, die ihrerseits anhand eines OHIP-G14 sowie eines individuellen Fragebogens festgestellt wurde.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie beziehen sich auf ein Kollektiv aus 240 Patienten mit 438 Implantaten. Hiervon gehören 84 Patienten mit 126 Implantaten der Gruppe kurzer Implantate an und 156 weitere Patienten mit 312 Implantaten zählen zu der Gruppe der Implantate in Standardlänge in Kombination mit Sinuslift.

4.1 Implantatüberleben

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Testgruppe aus Patienten mit kurzen Implantaten mit den Ergebnissen der Kontrollgruppe, bestehend aus Patienten mit Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift, verglichen.

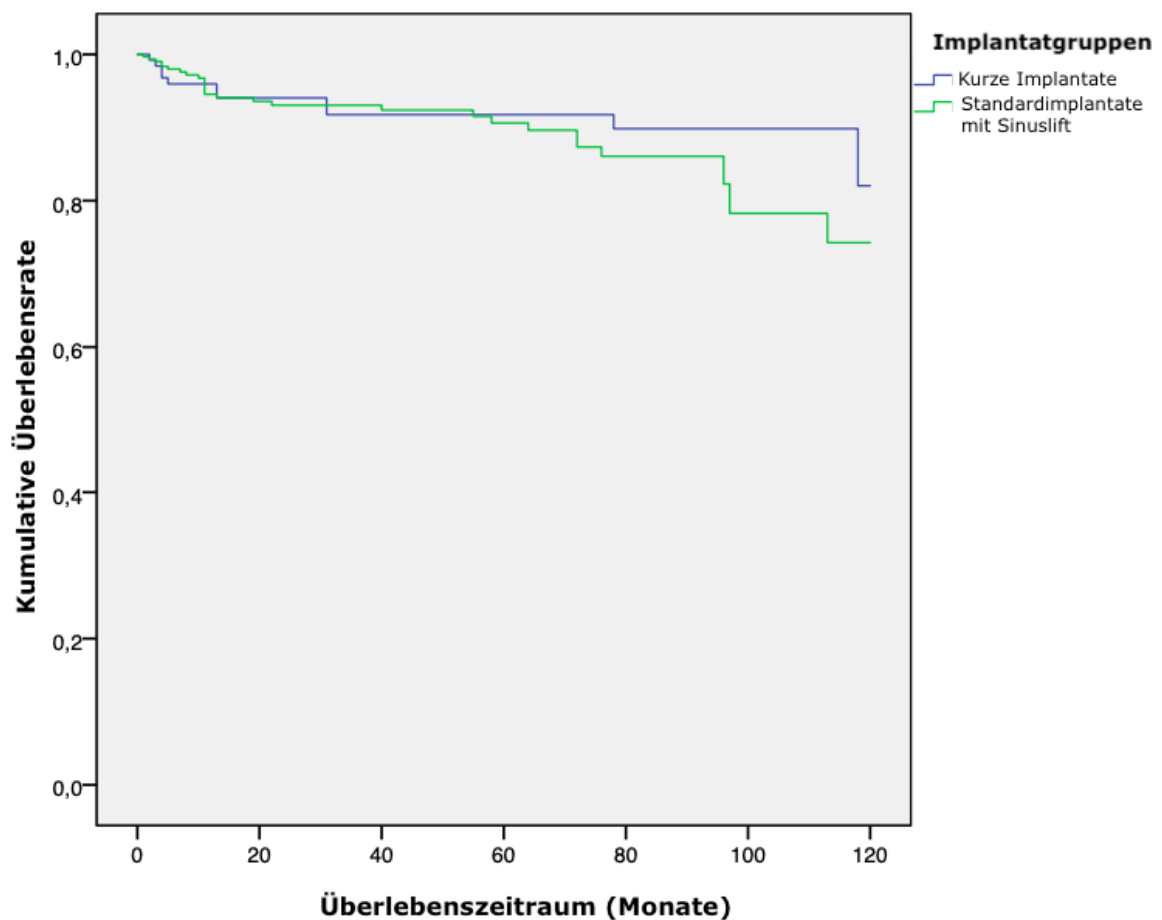


Abbildung 4-1 Kumulative Überlebensrate der Test- und Kontrollgruppe. Cut-off time: 120 Monate.

Im Zeitraum zwischen dem 01.01.2002 und dem 09.07.2020 traten in der Gruppe kurzer Implantate (n= 126) insgesamt 14 Ereignisse auf. Nach Kaplan-Meier betrug dabei die kumulierte 5- und 10-Jahres Überlebensrate 91,8% und 82,5%. Die kumulierte Überlebensrate betrug bei einer durchschnittlichen Liegedauer (\pm Standardabweichung (SD)) von 56,6 Monate \pm 42,9 Monate 91,8%. Die maximale Liegedauer lag bei 160 Monaten.

Demgegenüber traten im Zeitraum zwischen dem 01.01.2002 und dem 14.12.2020 insgesamt 29 Ereignisse in der Gruppe der Implantate in Standardlänge in Kombination mit Sinuslift (n=312) auf. Die kumulierte 5- und 10-Jahres Überlebensrate ergab nach Kaplan-Meier 90,7% und 74,7% für die Gruppe der Standardimplantate mit Sinuslift. Die durchschnittliche Liegedauer (\pm SD) betrug 41,6 Monate \pm 37,6 Monate mit einer kumulierten Überlebensrate von 92,4%. Die maximale Liegedauer betrug 126 Monate.

Der Gesamtvergleich beider Gruppen mittels Log-Rank-Test lieferte keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p=0,421$). Zur Berücksichtigung der unter 3.4 erläuterten Problematik ausgehend von Confounding Variables (Konfundierungseffekte) wurde ein Cox-Modell, abgeglichen für Geschlecht und Alter, angefertigt. Die Anfertigung eines Cox-Modells ergab einen Hazard Ratio (HR) von 1,116, bei einem 95%-Konfidenzintervall (95,0% CI) von 0,550 bis 2,265. Das Cox-Modell favorisierte demnach die Kontrollgruppe, jedoch waren die Unterschiede nicht von statistischer Signifikanz ($p=0,760$). Dabei wiesen sowohl das Geschlecht als auch das Alter einen negativen Regressionskoeffizienten auf, was jedoch gegebenenfalls auf Besonderheiten der Stichproben zurückzuführen sein könnte. Ferner könnten möglicherweise Interaktionen zwischen den untersuchten Confoundern oder eventuell ein Einwirken weiterer Confounder das Ergebnis beeinträchtigt haben.

Zur Berücksichtigung der nach 60 Monaten kreuzenden Kurven des Kaplan-Meier Diagramms wurde ferner eine Interaktion zwischen Zeit und Implantatgruppe als Kovariate, bei einem Cut-Off-Point von 60 Monaten, aufgenommen. Das Cox-Modell zur Berücksichtigung zeitabhängiger Variablen ergab einen Hazard Ratio von 1,023 ($p=0,954$) für die Zeit vor dem 60. Monat und einen Hazard Ratio von 2,837 ($p=0,183$) bei einem Zeitraum ab dem 60. Monat. Die Interaktion zwischen Zeit und Implantatgruppe als zeitabhängige Kovariate ergab keine statistische Signifikanz ($p=0,247$). Insgesamt favorisierte das Cox-Modell auch bei Berücksichtigung der zeitabhängigen Kovariate die Kontrollgruppe, jedoch waren auch in

diesem Modell die Unterschiede nicht von statistischer Signifikanz ($p=0,954 < 60$ Monate bzw. $p=0,183 \geq 60$ Monate).

In der Gruppe der kurzen Implantate gingen insgesamt 14 Implantate in zehn Patienten verloren. Bei vier Implantaten in drei Personen war eine fehlende Osseointegration nach einem, drei und zwölf Monaten der Grund für die Entfernung des jeweiligen Implantates. Dabei gingen zwei Implantate in einem Patienten bei Zustand nach Radiatio verloren. Drei weitere Implantate eines Patienten wurden aufgrund einer Überlastung entfernt, davon ein Implantat nach vier Monaten und weitere zwei Implantate nach 30 Monaten. Ein Patient verlor zwei Implantate aufgrund eines fortgeschrittenen marginalen Knochenverlusts nach 157 Monaten. Ein anderer Patient verlor ein Implantat im Rahmen der Extraktion eines Nachbarzahn. Bei vier Implantaten in vier Patienten konnte die Verlustursache retrospektiv nicht ermittelt werden.

In der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift gingen insgesamt 29 Implantate in 18 Patienten verloren. Davon wurden 13 Implantate in neun Patienten aufgrund einer Periimplantitis nach zwei, neun, 21, 39, 54, 71, 95, 96 und 112 Monaten entfernt. 13 weitere Implantate in sechs Patienten wurden nach einem, drei, vier, sechs, sieben, zehn, zwölf und 18 Monaten aufgrund einer fehlenden Osseointegration entfernt. Dabei begleitete ein Kieferhöhlenempyem eines der Implantate mit fehlender Osseointegration. Ein weiteres durch eine fehlende Osseointegration verloren gegangenes Implantat wurde in einer Patientin mit Bisphosphonatanamnese implantiert. Bei einem Patienten, welcher fünf Implantate aufgrund einer fehlenden Osseointegration verlor, wurde die unzureichende Stabilität der Sinusbodenaugmentation für die bindegewebige Einheilung und den Implantatverlust nach sieben Monaten verantwortlich gemacht. Bei dem Verlust drei weiterer Implantate in drei Patienten nach 0, 57 und 63 Monaten konnte die Ursache des Implantatverlustes retrospektiv nicht ermittelt werden.

4.2 Ergebnisse der röntgenologischen Nachuntersuchung

In der Gruppe kurzer Implantate konnte der marginale Knochenverlust an 97 Implantaten bestimmt werden. Bei 26 Studienimplantaten aus der Testgruppe war keine Panoramaschichtaufnahme aus einer Nachuntersuchung verfügbar und die Panoramaschichtaufnahmen 3 weiterer Studienimplantate waren auf Grund einer schlechten Aufnahmequalität nicht beurteilbar. In der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift konnte der marginale Knochenverlust mesial an 222 und distal an 221 Implantaten bestimmt werden. In der Kontrollgruppe war der marginale Knochenverlust mesial an 11 Implantaten und distal an 12 Implantaten aufgrund einer unzureichenden Aufnahmequalität nicht bestimmbar. Bei weiteren 79 Studienimplantate der Kontrollgruppe fehlte die Panoramaschichtaufnahme der Nachuntersuchung.

In der Testgruppe lag der mittlere röntgenologische Beobachtungszeitraum (\pm SD) bei $42,1 \pm 37,1$ Monate, während er in der Kontrollgruppe $32,9 \pm 32,3$ Monate betrug. Der maximale röntgenologische Beobachtungszeitraum der Testgruppe betrug 139 Monate, bei einem Minimum von einem Monat. In der Kontrollgruppe lag der maximale röntgenologische Beobachtungszeitraum bei 121 Monaten, während das Minimum ebenfalls bei einem Monat lag.

In der Testgruppe betrug der durchschnittliche röntgenologisch-ermittelte marginale Knochenverlust (\pm SD) mesial $0,75 \pm 0,77$ mm und distal $0,65 \pm 0,67$ mm ($n=97$). Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher marginaler Knochenverlust (\pm SD) von $0,70 \pm 0,72$ mm. Der höchste ermittelte marginale Knochenverlust betrug 5,49 mm und der geringste 0,00 mm.

In der Kontrollgruppe betrug der durchschnittliche marginale Knochenverlust (\pm SD) mesial $0,98 \pm 0,86$ mm und distal $0,94 \pm 0,95$ mm. Insgesamt betrug der durchschnittliche marginale Knochenverlust (\pm SD) in der Kontrollgruppe $0,96 \pm 0,91$ mm. Der höchste ermittelte marginale Knochenverlust betrug 7,01 mm und der geringste -0,16 mm. Der Unterschied im durchschnittlichen marginalen Knochenverlust beider Implantatgruppen war von statistischer Signifikanz ($p=0,000$). Auch bei getrennter Betrachtung des mesialen und distalen marginalen Knochenverlusts ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Implantatgruppen ($p=0,005$ bzw. $p=0,009$).

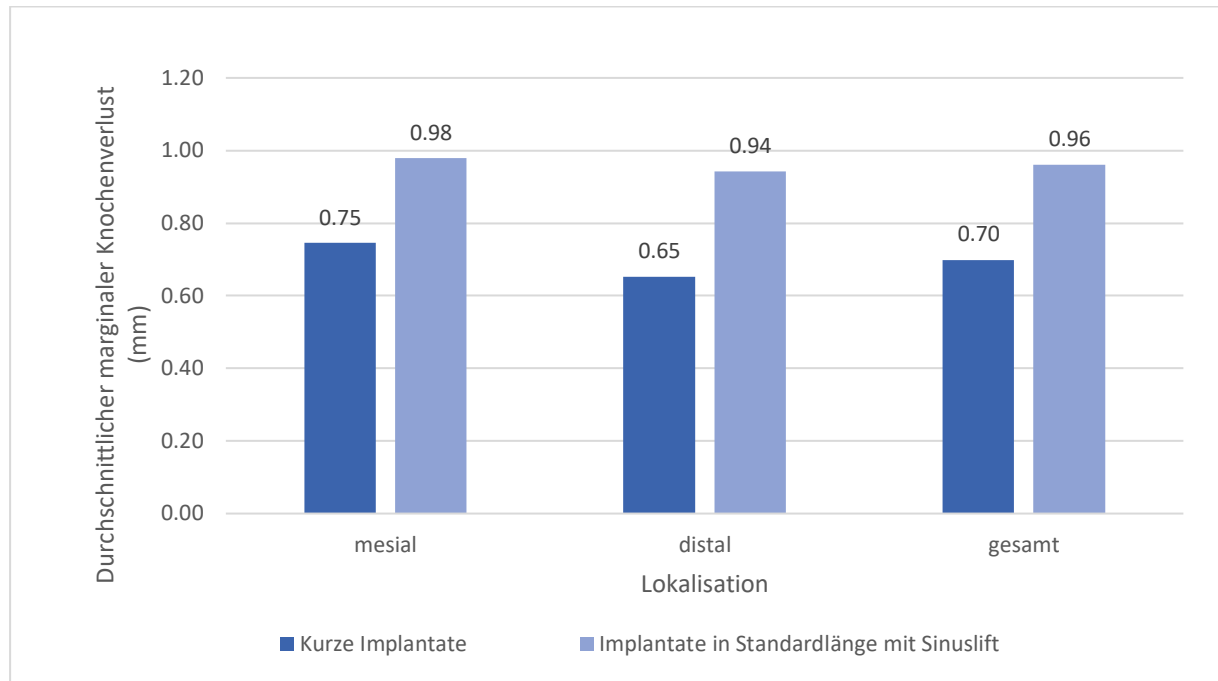


Abbildung 4-2: Durchschnittlicher marginaler Knochenverlust in mm

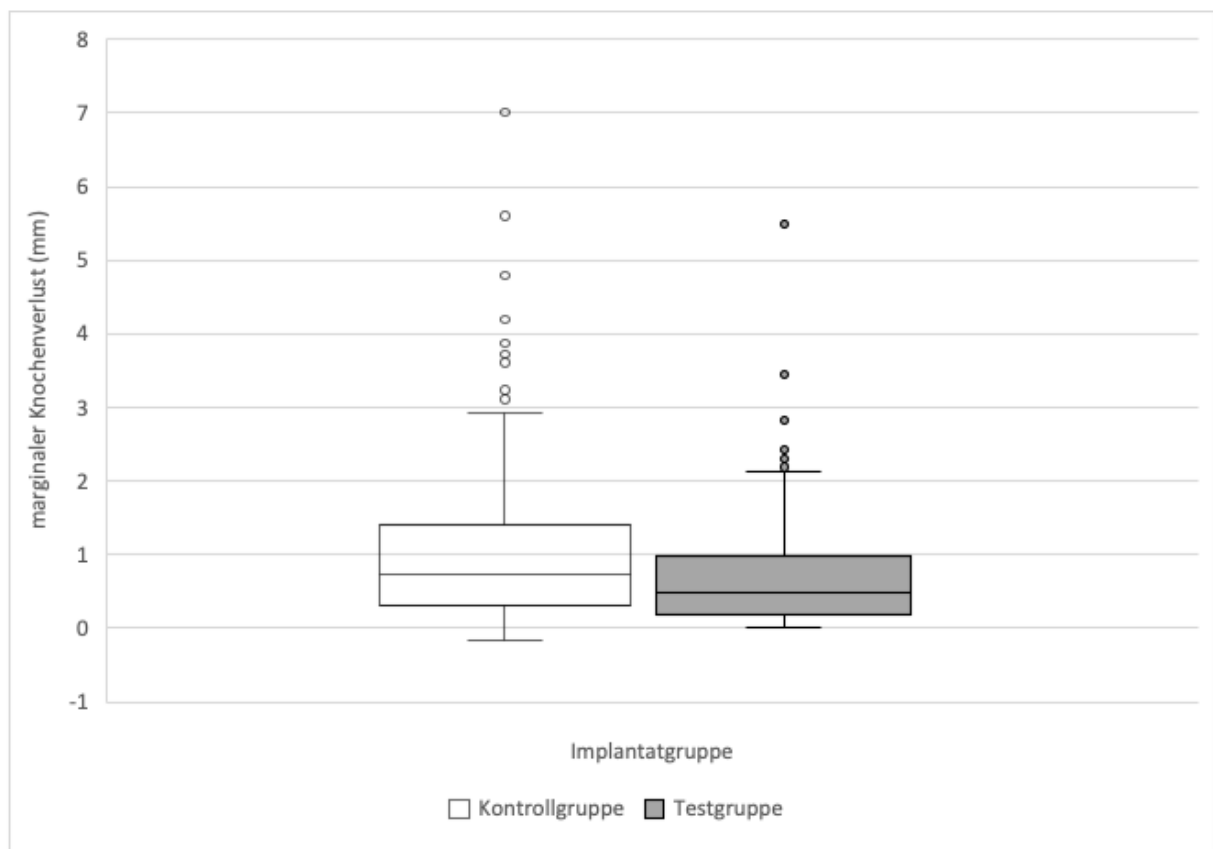


Abbildung 4-3: Box-Whisker-Plot des marginalen Knochenverlusts beider Implantatgruppen. Ausreißer wurden als Abweichung von dem 1,5-Fachen Interquartilsabstand definiert.

4.3 Klinische Ergebnisse des nachuntersuchten Kollektivs

34 Implantate in 19 Patienten standen für eine klinische Nachuntersuchung im Rahmen dieser Studie zur Verfügung. Davon gehörten 23 Implantate in 14 Patienten der Gruppe kurzer Implantate an, während 11 weitere Implantate in 5 Patienten zu der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift zählten (Abb. 3-1). Die durchschnittliche Liegedauer der Implantate des nachuntersuchten Kollektivs betrug $83,6 \pm 32,3$ Monate ($7,01 \pm 2,69$ Jahre).

4.3.1 Mobilität

100% der nachuntersuchten Implantate beider Testgruppen wiesen einen Lockerungsgrad von 0 auf.

4.3.2 Perkussion

Keine der nachuntersuchten Implantate beider Testgruppen wiesen eine Perkussionsempfindlichkeit in horizontaler und/oder vertikaler Richtung auf. Dabei konnte bei allen Implantaten ein heller Klopfeschall festgestellt werden.

4.3.3 Modifizierter Plaqueindex nach *Mombelli*

Die Erhebung des modifizierten Plaqueindex nach *Mombelli* ergab einen Grad 0 an 14 Implantaten (60,9%) der Gruppe der kurzen Implantate. Ein Grad 1 Plaqueindex konnte an den restlichen 9 Implantaten (39,1%) festgestellt werden. Daraus folgt ein durchschnittlicher modifizierter Plaqueindex (\pm SD) von $0,4 \pm 0,5$.

In der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift wurde demgegenüber an 3 Implantaten (27,3%) ein modifizierter Plaqueindex entsprechend dem Grad 0 und an weiteren 8 Implantaten (72,7%) ein modifizierter Plaqueindex vom Grad 1 ermittelt. Der durchschnittliche modifizierte Plaqueindex (\pm SD) der Kontrollgruppe betrug folglich $0,7 \pm 0,5$. Die Unterschiede zwischen den Implantatgruppen waren nicht von statistischer Signifikanz ($p=0,123$).

4.3.4 Modifizierter Approximalraum-Plaque-Index (API) nach *Lange et al.*

Die Erhebung des modifizierten Approximalraum-Plaque-Index (API) nach *Lange et al.* ergab an 19 Implantaten (82,6%) der Testgruppe einen Wert <25%, entsprechend einer optimalen Mundhygiene. An 2 Implantaten (8,7%) wurde ein Wert zwischen 25 und 39%, entsprechend einer guten Mundhygiene, ermittelt. Weitere 2 Implantate (8,7%) wiesen einen API von 40-69% auf, welcher einer mäßigen Mundhygiene entspricht. Der durchschnittliche API (\pm SD) der Testgruppe betrug $16,0\% \pm 12,7\%$.

In der Kontrollgruppe wiesen 4 Implantate (36,4%) einen Wert kleiner 25% und demnach eine optimale Mundhygiene auf. An 2 Implantaten (18,2%) wurde ein API von 25-39%, entsprechend einer guten Mundhygiene, festgestellt. Die verbleibenden 5 Implantate (45,5%) der Kontrollgruppe wiesen einen API zwischen 40 und 69% auf, welcher einer mäßigen Mundhygiene entspricht. Der durchschnittliche API (\pm SD) der Kontrollgruppe betrug $25,1\% \pm 18,7\%$. Die Unterschiede zwischen den Implantatgruppen waren nicht von statistischer Signifikanz ($p=0,214$).

4.3.5 Modifizierter Sulkusblutungsindex nach *Mombelli*

In der Gruppe der kurzen Implantate wies keines der 23 nachuntersuchten Implantate eine Blutung auf Sondierung auf. Dementsprechend wurde an 100,0% der Implantate der Testgruppe ein Grad 0 gemäß der Einteilung nach *Mombelli* ermittelt. Folglich beträgt der durchschnittliche modifizierte Sulkusblutungsindex (\pm SD) der Testgruppe 0 ± 0 .

In der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift wiesen 8 Implantate (72,7%) ebenfalls einen Grad 0 auf. An 3 Implantaten (27,3%), alle in demselben Patienten, wurden jedoch isolierte Blutungspunkte sichtbar. Dies entspricht einem modifizierten Sulkusblutungsindex Grad 1 nach *Mombelli*. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Sulkusblutungsindex (\pm SD) von $0,3 \pm 0,5$. Der Unterschied zwischen den beiden Implantatgruppen erlangte keine statistische Signifikanz ($p=0,214$).

4.3.6 Sondierungstiefe

In der Gruppe der kurzen Implantate betrug die durchschnittliche Sondierungstiefe (\pm SD) mesio-vestibulär $1,9 \pm 0,6$ mm, disto-vestibulär $1,9 \pm 0,7$ mm, mesio-oral $2,1 \pm 0,7$ mm und disto-oral $2,2 \pm 1,0$ mm. Der Mittelwert (\pm SD) aller gemessener Sondierungstiefen der Testgruppe betrug $2,0 \pm 0,8$ mm. Die höchste ermittelte Sondierungstiefe der Testgruppe betrug 5 mm, der Minimalwert lag bei 1 mm.

Die durchschnittliche Sondierungstiefe (\pm SD) der Gruppe der Implantate in Standardlänge in Kombination mit Sinuslift betrug mesio-vestibulär $2,6 \pm 0,9$ mm, disto-vestibulär $2,8 \pm 1,7$ mm, mesio-oral $2,6 \pm 0,9$ mm und disto-oral $2,5 \pm 0,7$ mm. Der Mittelwert (\pm SD) aller ermittelten Sondierungstiefen der Kontrollgruppe lag bei $2,7 \pm 1,1$ mm. Der Maximalwert betrug 5 mm, während der Minimalwert bei 1 mm lag. Der Mann-Whitney-U-Test ergab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen beiden Implantatgruppen ($p=0,000$).

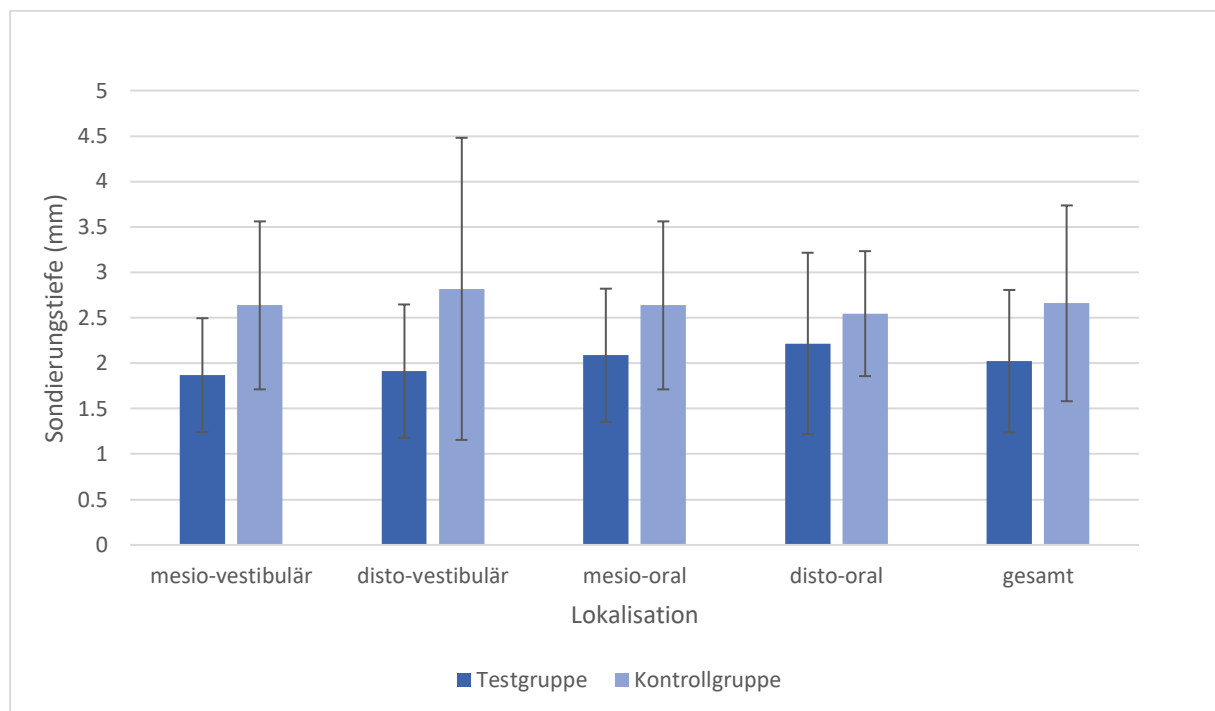


Abbildung 4-4: Durchschnittliche Sondierungstiefen in mm. Die Fehlerbalken stellen die Standardabweichung dar.

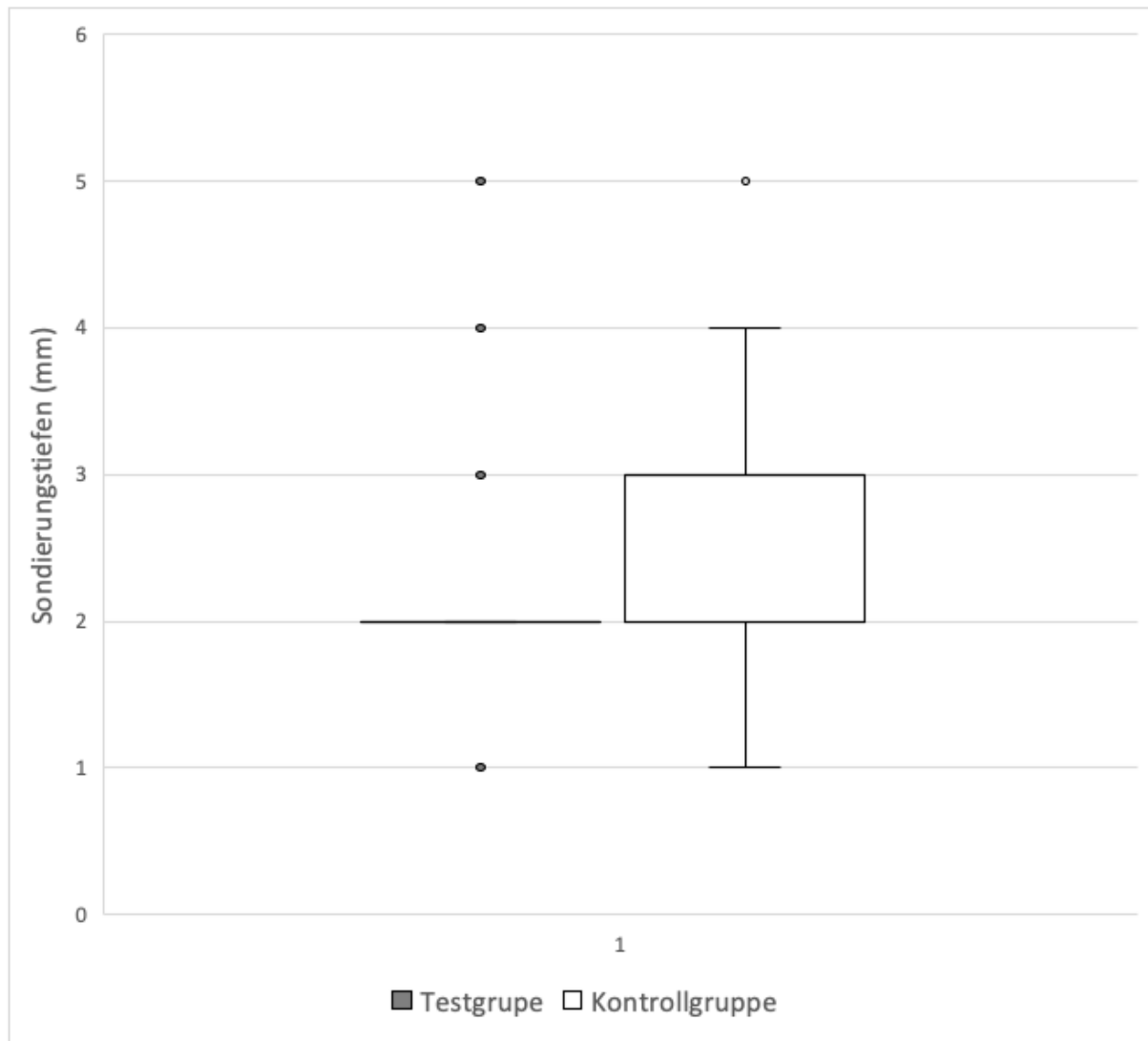


Abbildung 4-5: Box-Whisker-Plot der Sondierungstiefen beider Implantatgruppen. Ausreißer wurden als Abweichung von dem 1,5-Fachen Interquartilsabstand definiert. Der Interquartilsabstand der Testgruppe betrug 0.

4.4 Ergebnisse der Fragebögen

4.4.1 OHIP-G14

Insgesamt füllten 17 Patienten mit 31 Implantaten den OHIP- G14 Fragebogen aus. Hiervon gehörten 11 Patienten mit 19 Implantaten der Gruppe kurzer Implantate an und weitere 6 Patienten mit 12 Implantaten zählten zu der Gruppe mit Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift. Die Patienten wurden aufgefordert Einschränkungen aufgrund ihrer Mundgesundheit mit Häufigkeitsangaben von „nie“ (0) bis „sehr oft“ (4) zu quantifizieren. Die maximal erreichbare Punkteanzahl des Fragebogens betrug dabei 56 Punkte, das Minimum betrug 0 Punkte.

Im Durchschnitt (\pm SD) erreichten einzelne Patienten der Testgruppe eine Punkteanzahl von $1,9 \pm 3,4$, Patienten der Kontrollgruppe hingegen $5,0 \pm 4,5$ Punkten. Der geringste Punkteanzahl der Testgruppe betrug 0 Punkte, der höchste Wert betrug 9 Punkte. In der Kontrollgruppe lag das erreichte Minimum bei 0 Punkten und das Maximum bei 10 Punkten. Der Mann-Whitney-U-Test ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede in den OHIP-G14 Werten beider Gruppen ($p=0,180$).

4.4.2 Selbsterstellter Fragebogen

Insgesamt erklärten sich 20 Patienten mit 35 Implantaten bereit den eigens erstellten Fragebogen zu den patientenbezogenen Risikofaktoren und der allgemeinen Patientenzufriedenheit auszufüllen. Davon gehörten 14 Patienten mit 23 Implantaten der Testgruppe und weitere 6 Patienten mit 12 Implantaten der Kontrollgruppe an.

In der Testgruppe gab eine Patientin (7,1%) bezüglich patientenbezogener Risikofaktoren an Raucherin zu sein. Eine weitere Patientin (7,1%) litt unter Diabetes mellitus vom Typ 2. 2 weitere Patientinnen (14,3%) gaben an an Osteoporose zu leiden, jedoch keine Antiresorptiva einzunehmen. Eine Patientin (7,1%) erhielt vor über 40 Jahren eine Radiatio, konnte jedoch keine Angaben zum Zielvolumen oder Dosis machen. 4 Patienten (28,6%) gaben an unter einer Allergie zu leiden. 10 Patienten (71,4%) gaben an sich jährlich zur zahnärztlichen Nachkontrolle zu begeben, 3 weitere Patienten (21,4%) gaben an solche Kontrollen halbjährlich wahrzunehmen, während eine Patientin (7,1%) keine Angabe machte.

In der Kontrollgruppe gab ein Patient (16,7%) an Raucher zu sein und eine Patientin (16,7%) litt an Osteoporose, welche jedoch nicht mittels Antiresorptiva behandelt wurde. Keiner der Patienten wurde bestrahlt oder litt an Diabetes mellitus. Drei Patienten (50%) gaben an

halbjährlich an Follow-up Untersuchungen teilzunehmen, während weitere drei Patienten (50%) angaben, lediglich bei akuten Beschwerden die Zahnklinik aufzusuchen.

Die Patienten wurden gebeten ihre eigene Mundhygiene auf einer Skala von 1 (ungenügend) bis 5 (sehr gut) zu bewerten. Der durchschnittlich ermittelte Wert (\pm SD) der Test- und Kontrollgruppe betrug $4,3 \pm 0,7$ bzw. $4,2 \pm 0,8$ ($p=0,718$).

Auf die Frage nach einer möglichen Überlastung der Studienimplantate gaben zwei Patienten (14,3%) der Testgruppe an eine Aufbissschiene zur Linderung der Symptomatik und Schutz der implantatprothetischen Versorgung bei vorliegendem Bruxismus zu tragen. Die restlichen 12 nachuntersuchten Patienten (85,7%) der Testgruppe gaben an nicht zu knirschen oder pressen. In der Kontrollgruppe gab eine Patientin (16,7%) an zu knirschen, jedoch keine Aufbissschiene zu tragen. Die restlichen Patienten (83,3%) der Kontrollgruppe gaben ebenfalls an ihr Implantat nicht übermäßig zu belasten.

Die Patienten wurden ferner gebeten ihre Zufriedenheit auf einer Skala von 1 (sehr unzufrieden) bis 5 (sehr zufrieden) einzuordnen. Auf die Frage der Zufriedenheit mit den jeweiligen Studienimplantaten gaben 13 Patienten (92,9%) der Gruppe kurzer Implantate an sehr zufrieden (5/5) zu sein, eine weitere Patientin (7,1%) bewertete ihr Studienimplantat mit einer 4 aus 5 möglichen Punkten (zufrieden). Folglich betrug die mittlere (\pm SD) Zufriedenheit mit den jeweiligen Studienimplantaten der Testgruppe $4,9 \pm 0,3$. Demgegenüber gaben in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift lediglich zwei Patienten (33,3%) an sehr zufrieden (5/5) mit den Studienimplantaten zu sein. Drei weitere Patienten (50%) bewerteten ihre Studienimplantate mit 4/5, während eine Patientin ihre Studienimplantate mit einer 1/5 bewertete. Die Zufriedenheit der Patienten der Kontrollgruppen bezüglich ihrer Studienimplantate betrug dementsprechend im Durchschnitt (\pm SD) $3,8 \pm 1,5$ ($p=0,033$).

Die Patientenzufriedenheit mit der Operation betrug in der Testgruppe im Durchschnitt (\pm SD) $4,8 \pm 0,4$ und in der Kontrollgruppe $4,7 \pm 0,5$ ($p=0,718$). Die mittlere Patientenzufriedenheit (\pm SD) mit der prothetischen Versorgung betrug in der Testgruppe $4,6 \pm 0,7$, während sie in der Kontrollgruppe $3,5 \pm 1,5$ betrug ($p=0,091$).

5 Diskussion

In den letzten 20 Jahren hat sich die Anzahl der jährlich gesetzten Implantate mehr als verdreifacht (171). Dabei stellt die implantologische Versorgung der posterioren Maxilla bei geringen Knochenvolumen nach wie vor die Behandler regelmäßig vor Herausforderungen. Die oft mangelhafte Knochenqualität, die Proximität zum Sinus maxillaris, das häufig große interalveoläre vertikale Defizit und die eingeschränkte Zugänglichkeit erschwert eine Implantation im Oberkieferseitenzahnggebiet (23). Zur Versorgung dieses Gebiets wurde über viele Jahre hinweg der Sinuslift als Standardverfahren gewählt. Eine Erweiterung des Therapiespektrums und eine Vereinfachung der Behandlungstrecke durch die Verwendung kurzer Implantate soll die Indikationsbreite für aufwendige und invasive Verfahren reduzieren.

Um zu bewerten ob kurze Implantate langfristig eine begründete Alternative zu Standardimplantaten mit Sinuslift darstellen, bedarf es Studien, die das langfristige Implantatüberleben der beiden Implantatgruppen vergleichen. Solche Studien weisen jedoch oft kleine Testgruppen und kurze Beobachtungs- bzw. Nachuntersuchungszeiträume auf. Im Rahmen dieser Dissertation soll eine retrospektive, klinische und radiologische Beurteilung des Langzeitüberlebens beider Gruppen erfolgen.

5.1 Implantatüberleben

Das Implantatüberleben wird in der Literatur uneinheitlich definiert. Während manche das Implantatüberleben lediglich mit einer Position des Implantates in situ definieren (126, 172), unterteilen andere Publikationen das Implantatüberleben weiter in ein zufriedenstellendes und ein kompromittiertes Implantatüberleben, wobei lediglich eine Einstufung in die letztere Kategorie klinisch mit einer therapeutischen Konsequenz einhergeht (32). Ein Implantatüberleben ist dabei von einem Implantatversagen abzugrenzen, da hier eine Entfernung des Implantates indiziert ist, sofern es nicht bereits verloren gegangen ist (32). In der Literatur wird ein Implantatversagen häufig auch durch eine vorhandene Implantatmobilität bzw. durch eine Indikation zur Entfernung eines Implantates aufgrund eines progressiven marginalen Knochenverlusts oder einer Infektion, sowie mechanische Komplikationen (bspw. Fraktur oder Deformation der Implantat-Abutment-Verbindung), welche ein Implantat unbrauchbar machen, definiert (24, 120-125).

Andere Studien unterscheiden unter dem Oberbegriff Implantatüberleben zwischen einem Implantatverlust und den weiteren oben genannten Versagensgründen (7). In wieder anderen Studien beinhaltet die Definition des Implantatüberlebens sowohl die Lage des Implantates in situ als auch das Ausbleiben eines Implantatversagens nach den oben genannten Kriterien (127). Diese Methodik hat jedoch das Problem, dass die Grenzen zwischen Implantatüberleben und -erfolg verschwimmen. In dieser Studie wird der erstgenannten Auffassung gefolgt, um eine klare und leicht verständliche Abgrenzung zu dem Implantaterfolg zu gewährleisten. Dementsprechend wird im Folgenden ein Implantatüberleben mit einer Position des Implantates in situ definiert.

Im Rahmen dieser Studie betrug die durchschnittliche Liegedauer (\pm SD) $56,6 \pm 42,9$ Monate ($4,7 \pm 3,6$ Jahre) in der Gruppe der kurzen Implantate (Testgruppe) und $41,6 \pm 37,6$ Monate ($3,5 \pm 3,1$ Jahre) in Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift (Kontrollgruppe). Die maximale Liegedauer betrug in der Testgruppe 160 Monate (13,3 Jahre) und 126 Monate (10,5 Jahre) in der Kontrollgruppe.

Dabei traten in der Testgruppe ($n=126$) insgesamt 14 Ereignisse auf. Nach Kaplan-Meier betrug die kumulierte 5- und 10-Jahres Überlebensrate 91,8% und 82,5%. Demgegenüber traten in der Kontrollgruppe ($n=312$) insgesamt 29 Ereignisse auf. Die kumulierte 5- und 10-Jahres Überlebensrate ergab nach Kaplan-Meier 90,7% und 74,7% für die Gruppe der Standardimplantate mit Sinuslift. Der Log-Rank Test ergab keine statistische Signifikanz der Unterschiede im Überleben beider Gruppen ($p=0,421$). Die Anfertigung eines Cox-Modells, abgeglichen für das Geschlecht und das Alter, ergab einen Hazard Ratio von 1,116, bei einem 95%-Konfidenzintervall von 0,550 bis 2,265. Das Cox-Modell favorisierte demnach die Kontrollgruppe, jedoch waren die Unterschiede nicht von statistischer Signifikanz ($p=0,760$). Auch das zur Berücksichtigung zeitabhängiger Variablen angepasste Cox-Modell favorisierte die Kontrollgruppe, jedoch waren auch in diesem Modell die Unterschiede nicht von statistischer Signifikanz ($p=0,954$ bei < 60 Monaten bzw. $p=0,183 \geq 60$ Monaten).

In vergleichbaren Studien variierten die Beobachtungszeiträume von 3 Monaten bis zu maximal 5 Jahren (7, 24, 120-129, 172). Eine retrospektive Kohortenstudie von *Pieri et al.* verglich kurze Implantate (6 bis 8 mm) mit Implantaten in Standardlänge (≥ 11 mm) und externem Sinuslift (172). Hierbei wurde ein Implantatüberleben ebenfalls mit einer Position des Implantates in situ definiert (172). Bei einem Follow-up über mindestens 3 Jahre, lag das

Implantatüberleben der 11-mm Gruppe bei 90,6% und das der Gruppe mit kurzen Implantaten bei 95,8% (172). Diese Ergebnisse ähneln denen unserer Studie, in welcher der Kaplan-Meier Schätzer bei einer Beobachtungszeit von 3 Jahren eine kumulative Überlebensrate von 91,8% in der Testgruppe und 93,1% in der Kontrollgruppe ergab. Wie auch in unserer Studie, konnten *Pieri et al.* keinen signifikanten Unterschied im Implantatüberleben zwischen beiden Implantatgruppen feststellen ($p=0,44$) (172).

Auch *Gulje et al.* fanden in ihrer randomisierten kontrollierten Studie über fünf Jahre keinen signifikanten Unterschied im Implantatüberleben zwischen kurzen Implantaten (6 mm) und Implantaten in Standardlänge (11 mm) kombiniert mit Sinusbodenelevationen ($P=0.343$) (127). Ein Implantatüberleben wurde hier mit einer fehlenden Mobilität des Implantates, sowie dem Ausbleiben einer Explantationsindikation aufgrund eines progressiven Knochenverlustes, Infektion oder Fraktur definiert (127). Dabei betrug das Implantatüberleben der 11-mm Gruppe 100% und das der 6-mm Gruppe 94,7% (ein Implantatverlust) (127). Dabei ist jedoch zu betonen, dass lediglich 38 Patienten mit 41 Implantaten in die Untersuchung eingeschlossen wurden (127). Die vergleichsweise höhere Überlebensrate beider Gruppen in der Studie von *Gulje et al.* könnten auf die deutlich strengeren Ausschlusskriterien zurückzuführen sein. So umfassten die Ausschlusskriterien unter anderem unkontrollierte pathologische Prozesse der Mundhöhle, eine Radiatio im Kopf-Hals-Bereich, eine Chemotherapie in den letzten fünf Jahren, systematische oder lokale Erkrankungen oder Konditionen mit möglichem Einfluss auf die Wundheilung bzw. Osseointegration, Medikamente welche die Wundheilung und/oder Osseointegration beeinflussen könnten, ebenso wie ein Nikotinabusus von über 10 Zigaretten/Tag (127).

Im Vergleich hierzu wurden in unserer Studie lediglich Implantate in der Front, KFO-Gaumenimplantate sowie Patientenfälle, welche einen Beobachtungszeitraum von einem Monat unterschritten, ausgeschlossen. In der Gruppe kurzer Implantate verlor ein Patient zwei Implantate aufgrund einer fehlenden Osseointegration bei Zustand nach Radiatio. Ein weiteres Implantat der Testgruppe wurde bei der Entfernung des Nachbarzahns in Zusammenhang mit einem pathologischen Prozess entfernt. In der Kontrollgruppe verlor eine Patientin mit Bisphosphonatanamnese ein Implantat aufgrund fehlender Osseointegration. Bezüglich der Einflüsse einer medikamentösen Behandlung mit Knochenantiresorptiva auf das Implantatüberleben finden sich in der Literatur widersprüchliche Angaben. Obwohl in den meisten Studien kein relevanter Einfluss einer Antiresorptivgabe auf die Implantatprognose

nachgewiesen werden konnte (173-175), kamen einige wenige Studien zu einem gegenteiligen Ergebnis (176, 177). Das durch die Antiresorptivgabe deutlich reduzierte Bone remodeling, die antiangiogenetischen Effekte, eine Beeinträchtigung der Weichgewebe, die Modulation des Immunsystems und eine mikrobiologische Kontamination wurden hierbei als ursächlich betrachtet und können unter anderem mit einer verlängerten Osseointegrationsphase einhergehen (176, 178).

Demgegenüber herrscht bezüglich der Einflüsse einer Strahlentherapie auf eine Implantatprognose weitestgehend Einigkeit in der Literatur. So ist eine Implantation im bestrahlten Kieferknochen, im Vergleich zu einer solchen im unbestrahlten Kiefer, mit einer signifikant schlechteren Implantatprognose assoziiert (179, 180). So beobachteten beispielsweise *Korfage et al.* eine Implantatüberlebensrate von 89% im bestrahlten Kiefer, während diese im unbestrahlten Knochenlager 99% betrug (179). Eine Beeinträchtigung der Osseointegration durch ein reduziertes Knochenremodelling post radiationem wird dabei mit der durch eine Radiatio verursachten Endarteriitis mit assoziierter Hypoxie, Hypovaskularität und Hypozellularität, sowie Beschädigungen der Osteoklasten begründet (180, 181). Dennoch lassen sich auch bei Zustand nach Radiatio vorhersehbar gute Ergebnisse erzielen, sodass laut der S3-Leitlinie „Implantat-Versorgung zur oralen Rehabilitation im Zusammenhang mit Kopf-Hals- Bestrahlung“ eine Strahlentherapie alleine keine relevante Indikationseinschränkung zur Implantatversorgung darstellt (182). Dabei wird jedoch häufig empfohlen augmentative Verfahren im Zusammenhang mit einer Implantation im bestrahlten Knochenlager zu vermeiden (182, 183).

Auch weitere Studien konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Implantatüberlebensrate kurzer Implantate im Vergleich zu Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift erfassen (7, 121, 123, 124, 126). Wie auch in unserer Studie definierten dabei *Thoma et al.* ein Implantatüberleben mit einer Position des Implantates in situ (126). In ihrer randomisierten kontrollierten Studie über 5 Jahre beobachteten die Autoren eine Implantatbasierte Überlebensrate von 98,5% in der Gruppe kurzer Implantate und 100% in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift ($p=0,489$) (126). Dabei ist jedoch zu betonen, dass anders als in unserer Studie, lediglich vollständig gesunde Patienten eingeschlossen wurden (6, 126).

Eine andere Studie von *Felice et al.* verglich in einem Split-mouth Ansatz über 5 Jahre die Versorgung mittels 5 mm langer Implantate mit längeren Implantaten (≥ 10 mm) in Kombination mit augmentativen Verfahren in Form eines externen Sinuslifts im Oberkiefer (123). Auch in dieser Studie konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Implantatüberlebensrate festgestellt werden ($P=1,00$) (123). Das Studiendesign hatte den Vorteil, dass die patientenbezogenen Risikofaktoren weitestgehend ausgeglichen werden konnten (123). Ferner wurde eine Vielzahl von Exklusionskriterien definiert, darunter auch eine Medikation mit Bisphosphonaten, Radiatio im Kopf-Hals-Bereich, unkontrollierter Diabetes mellitus und eine schlechte Mundhygiene (123). Allerdings wurden lediglich jeweils 15 Patienten mit zahnlosem Ober- oder Unterkiefer nachuntersucht (123).

Taschieri et al. beobachteten in einer randomisierten kontrollierten Studie über drei Jahre ein Implantatüberleben von 100% in beiden Gruppen (124). Dabei wurde eine Gruppe bestehend aus 27 Patienten mit kurzen Implantaten (bei einer Implantatlänge von 6,5-8,5 mm) mit einer Gruppe von 25 Patienten mit externem Sinuslift und Implantatlänge ≥ 10 mm verglichen (124). In dieser Studie wurden unter anderem eine Radiatio des Kopf-/Halsbereichs und Krankheiten mit Einfluss auf den Knochenstoffwechsel als Ausschlusskriterien definiert (124).

Auch *Bechara et al.* beobachteten in einer randomisierten kontrollierten Studie über drei Jahre keine statistisch signifikanten Unterschiede der Implantatüberlebensrate zwischen einer Kontrollgruppe (45 Implantate mit Länge ≥ 10 mm mit externen Sinuslift) und einer Testgruppe (45 Implantate mit einer Länge von 6 mm) (7). Dabei wurde eine Implantatbasierte Überlebensrate von 95,6% erfasst, während diese in der Testgruppe 100% betrug ($p=0,49$) (7). Auch in dieser Studie wurden strenge Ausschlusskriterien definiert, in welchen unter anderem auch eine Bisphosphonattherapie oder Radiotherapie zum Ausschluss aus der Studie führten (7).

Im Vergleich mit den beispielhaft herangezogenen Studien von *Pieri et al.*, *Gulje et al.*, *Thoma et al.*, *Felice et al.*, *Taschieri et al.* und *Bechara et al.* und den dort verwendeten Ausschlusskriterien kann retrospektiv zwar kein kausaler Zusammenhang zu den beobachteten Implantatüberlebensraten hergestellt werden, jedoch ist unter den Rahmenbedingungen dieser Studie ein erhöhtes Risiko für einen Implantatverlust naheliegend.

Ferner wurden im Gegensatz zu unserer Studie in manchen Studien „Input-Output-Statistiken“ zur Berechnung der Implantatüberlebensrate verwendet (7, 172). Bei einer „Input-Output-Statistik“ wird die Anzahl der Implantatverluste zu der Gesamtzahl gesetzter Implantate in ein Verhältnis gesetzt, während bei der von uns verwendeten Verweildaueranalyse die Wahrscheinlichkeit eines Implantatverlustes auf Basis der Liegezeit berechnet wird (27). Durch die Einbeziehung der Liegezeit liegen die Verlustraten bei Verweildaueranalysen signifikant höher als bei den einfachen Input-Output-Statistiken (27). Dies könnte eine weitere Erklärung für die von uns beobachteten niedrigeren Implantatüberlebensraten sein.

5.2 Ergebnisse der röntgenologischen Nachuntersuchung

In Hinblick auf die Stabilität der periimplantären Knochenhöhe hat sich die Röntgendiagnostik als nicht-invasives Verfahren zur Beurteilung eines Implantaterfolges etabliert. So wird die Erfassung des marginalen Knochenverlustes in vielen Erfolgskriterien (28-32, 41, 43) gefordert, um die ossäre Verankerung eines Implantates zu bewerten (27, 51). Dabei stellen sowohl intraorale Tubusaufnahmen als auch, die häufig im Rahmen von Routineuntersuchungen angefertigten, Panoramaschichtaufnahmen ein geeignetes Mittel zur Beurteilung der periimplantären Knochenhöhe dar (44, 144, 148-150).

Diese Methode führt in Vergleichsstudien zwischen kurzen Implantaten und Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift zu unterschiedlichen Ergebnissen. Während einige Studien keinen statistisch signifikanten Unterschied im marginalen Knochenverlust fanden (24, 120, 124-127), konnten andere Studien einen signifikant geringeren marginalen Knochenverlust in der Gruppe kurzer Implantate beobachten (7, 121-123, 184).

Bei einem solchen Vergleich ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Rate des periimplantären Knochenverlusts sowohl im augmentierten, als auch im nativen Knochen im zeitlichen Verlauf unterscheiden können. Eine Studie von *Felice et al.*, welche den periimplantären Knochenabbau kurzer Implantate mit Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift im Split-mouth Ansatz über 5 Jahre verglich, beobachtete einen kontinuierlichen, statistisch signifikanten marginalen Knochenverlust bei Belastung, sowie 1, 3 und 5 Jahre nach Belastung (122). Auch die meisten anderen Vergleichsstudien konnten einen solchen kontinuierlichen, statistisch signifikanten Verlauf im marginalen Knochenverlust beobachten (24, 121, 123, 184). Lediglich eine Vergleichsstudie von *Rossi et al.* beobachtete ein anderes Muster (129). Zwar fanden *Rossi et al.* ebenfalls einen statistisch signifikanten marginalen Knochenverlust in den ersten zwölf Monaten, jedoch beobachteten sie eine Stabilisation des marginalen Knochenlevels im weiteren Verlauf (129). Dabei ist allerdings anzumerken, dass sich das Follow-up der Studie auf 2 Jahre beschränkte und lediglich insgesamt 11 Patienten am 2-Jahres Follow-up teilnahmen (129). Folglich eignen sich lediglich Vergleichsstudien mit ähnlichen Beobachtungszeiträumen, um der meist kontinuierlichen Dynamik eines periimplantären Knochenverlustes Rechnung zu tragen.

In dieser Studie lag der mittlere röntgenologische Beobachtungszeitraum (\pm SD) der Testgruppe bei $42,1 \pm 37,1$ Monaten. Dabei betrug der durchschnittliche marginale

Knochenverlust (\pm SD) der Testgruppe mesial $0,75 \pm 0,77$ mm und distal $0,65 \pm 0,67$ mm ($n=97$). Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher marginaler Knochenverlust (\pm SD) von $0,70 \pm 0,72$ mm.

In der Kontrollgruppe lag der mittlere Beobachtungszeitraum (\pm SD) bei $32,9 \pm 32,3$ Monaten. Der durchschnittliche marginale Knochenverlust (\pm SD) der Kontrollgruppe betrug mesial $0,98 \pm 0,86$ mm und distal $0,94 \pm 0,95$ mm. Insgesamt betrug der durchschnittliche marginale Knochenverlust (\pm SD) in der Kontrollgruppe $0,96 \pm 0,91$ mm. Der Unterschied im durchschnittlichen marginalen Knochenverlust beider Implantatgruppen war von statistischer Signifikanz ($p=0,000$). Auch bei getrennter Betrachtung des mesialen und distalen marginalen Knochenverlusts ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Implantatgruppen ($p=0,005$ bzw. $p=0,009$).

Zur Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufs eines Knochenabbaus, eignen sich Studien mit einem Beobachtungszeitraum von 2-5 Jahren für einen Vergleich mit unseren Ergebnissen. Eine Studie von *Bechara et al.* bietet sich für einen solchen Vergleich an, da der Beobachtungszeitraum von 3 Jahren unserer Studie ähnelt und ebenfalls Panoramaschichtaufnahmen zur Auswertung des marginalen Knochenverlustes mesial und distal der Studienimplantate herangezogen wurden (7). Wie auch in unserer Studie, fanden *Bechara et al.* einen signifikant größeren durchschnittlichen marginalen Knochenverlust der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift (Kontrollgruppe) gegenüber dem der Gruppe der kurzen Implantate (Testgruppe) ($P=0,01$) (7). Dabei betrug der durchschnittliche marginale Knochenverlust nach 3 Jahren 0.20 mm in der Testgruppe und 0.27 mm in der Kontrollgruppe (7).

Auch die Vergleichsstudien von *Esposito et al.* und *Felice et al.* fanden, bei einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren, einen signifikant geringeren periimplantären Knochenverlust um kurze Implantate im Vergleich zu Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift (121, 123). Dabei betrug der marginale Knochenverlust im Oberkiefer in der Studie von *Esposito et al.* durchschnittlich 1,25 mm für kurze Implantate und 1,73 mm für Implantate in Standardlänge mit Sinuslift ($P=0.024$) (121).

Felice et al. beobachteten mit Durchschnittswerten von 1,31 mm um kurze Implantate und 1,79 mm um Implantate in Standardlänge mit Sinuslift ($P=0.002$) sehr ähnliche Ergebnisse, wobei die Unterschiede zwischen beiden Implantatgruppen mit der Beobachtungszeit

zunahmen (123). In Anbetracht des meist kontinuierlich verlaufenden Knochenverlustes decken sich unsere Ergebnisse mit dem festgestellten Knochenverlust längerer Studien (121, 123).

Eine Studie von *Gastaldi et al.* erzielte im Hinblick auf den marginalen Knochenverlust sehr ähnliche Ergebnisse wie in unserer Studie (24). Dabei verlor die Gruppe der kurzen Implantate durchschnittlich $0,89 \pm 0,25$ mm in 3 Jahren, während der marginale Knochenverlust der Gruppe langer Implantate mit Sinuslift in dieser Zeit $1,08 \pm 0,29$ mm betrug (24). Zwar konnte auch in dieser Studie ein größerer marginaler Knochenverlust in der Kontrollgruppe beobachtet werden, jedoch waren die Unterschiede zwischen beiden Implantatgruppen nicht von statistischer Signifikanz ($p=0.165$) (24). Einige weitere Studien mit einem Beobachtungszeitraum zwischen 2 und 5 Jahren konnten ebenfalls keinen statistisch signifikanten Unterschied im marginalen Knochenverlust beider Implantatgruppen feststellen (126, 127, 129), jedoch konnte in den meisten Studien ein Trend zu etwas höheren marginalen Knochenverlusten um Implantate in Standardlänge mit Sinuslift festgestellt werden (24, 127, 129). Die genannten Studien eignen sich jedoch nur eingeschränkt für einen Vergleich, da die Studienpopulation oft sehr stark begrenzt war (24, 127, 129) und, anders als in unserer Studie, intraorale Tubusaufnahmen zum Vergleich des marginalen Knochenniveaus herangezogen wurden (24, 121, 123, 126, 127). Eine Studie von *Gulje et al.* wählte ferner einen anderen zeitlichen Referenzpunkt (127). In dieser Studie wurde der Zeitpunkt der prothetischen Versorgung und nicht der Zeitpunkt der Implantation, als Ausgangsniveau für die periimplantäre Knochenhöhe gewählt, wodurch deutlich geringere Werte für einen marginalen Knochenverlust beobachtet wurden (127).

Insgesamt finden sich keine erheblichen Diskrepanzen zwischen den Ergebnissen dieser Studie und den in der Literatur vorgestellten Ergebnissen.

Das in den letzten Jahren oftmals bessere Abschneiden kurzer Implantate wurde dabei häufig mit dem Implantatdesign und den im Knochen vorherrschenden Kräften begründet.

So machten *Gulje et al.* das Einbringen eines Platform-Switch und die Oberflächenrauigkeit des Implantathalses für die guten Ergebnisse verantwortlich (127). Dabei soll ein Platform-Switch durch die verbesserte Anlagerung von Weichgeweben am Übergang der Implantatschulter zu dem Abutment, sowie einer Wegverlagerung des Microleakage von dem krestalen Alveolarknochen, den marginalen Knochenabbau reduzieren (185, 186).

Auch *Blanes et al.* begründeten den von ihnen beobachteten inversen Zusammenhang zwischen dem Kronen-Implantat-Verhältnis und dem jährlichen marginalen Knochenverlust um ITI-Implantate unter anderem mit dem Implantatdesign, bei welchem eine größere Distanz zwischen Implantatschulter und krestalen Alveolarknochen gewährleistet wurde (22). *Deporter et al.* vermuteten dagegen, dass die guten Resultate gesinterter, poröser Implantatoberflächen neben der Oberflächenvergrößerung, vor allem auch durch die dreidimensionale mechanische Verriegelung durch Einwachsen von Knochen an der Knochen-Implantat-Oberfläche, mit einer gleichmäßigeren Kraftverteilung auf den umliegenden Knochen, hervorgerufen wurden (98).

Blanes et al. begründeten ihre Ergebnisse zum anderen aber auch mit der stimulierenden Wirkung von Belastungsspitzen im Bereich des krestalen Knochens (22). Dabei konnte im Tiermodell gezeigt werden, dass durch die Anwendung hoher Kräfte auf ein Implantat, radiologisch dichtere periimplantäre Knochenverhältnisse entstehen, was mit einer erhöhten Stabilität einhergeht (110). Dabei findet sich in der Literatur bislang noch keine konkrete Belastungsgrenze, ab welcher die Belastungsspitzen anstatt einer stimulierenden Wirkung auf den marginalen Knochen, einen marginalen Knochenabbau hervorruft (108). Vielmehr wird vermutet, dass Belastungen im heilenden oder beschädigten Knochen, Veränderungen in der Belastungstoleranz eines Knochens hervorrufen können (108), während nach stattgefundener Osseointegration Belastungskräfte einen Reiz zur funktionellen Adaptation und zum Knochenremodeling darzustellen scheinen (109). Diese Belastungstoleranz scheint jedoch angesichts der sehr guten klinischen und röntgenologischen Ergebnisse kurzer Implantate in Vergleichsstudien klinisch nicht ausgereizt zu werden (7, 24, 120-127, 184). Zusammenfassend werden in der Literatur häufig die implantatdesignabhängige Lage des Microleakage relativ zum Alveolarknochen, sowie die im Knochen vorherrschenden Kräfte für den geringen marginalen Knochenverlust kurzer Implantate verantwortlich gemacht.

5.3 Klinische Ergebnisse des nachuntersuchten Kollektivs

Im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung wurden die folgenden Parameter erhoben:

5.3.1 Mobilität

100% der nachuntersuchten Implantate beider Testgruppen wiesen einen Lockerungsgrad von 0 auf. Diese Ergebnisse decken sich mit denen internationaler Veröffentlichungen (124, 128). Jedoch ist die Erfassung der Mobilität, als Ausdruck der Osseointegration, kein sensitiver Parameter für periimplantäre Erkrankungen und sollte stets durch weitere klinische Parameter und röntgenologische Diagnostik ergänzt werden (131). Dabei scheint weder der Periotest noch die manuelle Palpation von ausreichender Sensitivität zu sein, um alleinig eine Aussage über die Osseointegration eines Implantates zu treffen (131, 187).

5.3.2 Perkussion

Die klinische Untersuchung auf Perkussionsempfindlichkeit kann klinisch eingesetzt werden um das Implantat auf Schmerzen und Empfindlichkeiten zu untersuchen (32). Ferner kann anhand des Perkussionstests die Intensität des Implantat-Knochenkontaktes, als Ausdruck der Sekundärstabilität, beurteilt werden (27). Dabei ist bei einer vorliegenden Osseointegration durch eine schwächere Dämpfung ein vergleichsweise hellerer Klopfeschall zu erwarten als der eher dumpfere Klopfeschall, welcher mit fehlender Osseointegration/bindegewebiger Einheilung assoziiert ist (132, 133).

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden alle Studienimplantate umfassend auf eine mögliche Perkussionsempfindlichkeit in horizontaler und vertikaler Richtung, sowie den assoziierten Perkussionsschall untersucht. Keine der nachuntersuchten Implantate beider Implantatgruppen wiesen eine Perkussionsempfindlichkeit in horizontaler und/oder vertikaler Richtung auf. Dabei konnte bei allen Implantaten ein heller Klopfeschall festgestellt werden. Allerdings handelt es sich bei der Ermittlung des Perkussionsschalles um ein subjektives Testverfahren, welches im Zweifel, durch weitere klinische Parameter und den röntgenologisch ermittelbaren marginalen Knochenverlust bestätigt werden sollte.

5.3.3 Modifizierter Plaqueindex nach Mombelli

Zur Quantifizierung der lokalen Plaqueakkumulation wurde der modifizierte Plaqueindex nach *Mombelli* (134, 135) eingesetzt. Durch Ermittlung der lokalen Plaqueakkumulation, neben der generellen Bewertung der patienten-individuellen Mundhygiene durch den *API*, sollen Einflüsse und lokale Besonderheiten im Bereich des Implantates und der Suprakonstruktion wie z.B. der Hygienisierbarkeit des jeweiligen Implantates und der dazugehörigen Suprakonstruktion und lokale Besonderheiten der Mundhygiene berücksichtigt werden.

In der Gruppe kurzer Implantate konnte an 14 Implantaten (60,9%) ein modifizierter Plaqueindex nach *Mombelli* von Grad 0 ermittelt werden. Ein Grad 1 Plaqueindex konnte an den restlichen 9 Implantaten (39,1%) festgestellt werden. Daraus folgt ein durchschnittlicher modifizierter Plaqueindex (\pm SD) von $0,4 \pm 0,5$.

In der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift wurde demgegenüber an 3 Implantaten (27,3%) ein modifizierter Plaqueindex entsprechend dem Grad 0 und an weiteren 8 Implantaten (72,7%) ein modifizierter Plaqueindex vom Grad 1 ermittelt. Der durchschnittliche modifizierte Plaqueindex (\pm SD) der Kontrollgruppe betrug folglich $0,7 \pm 0,5$. Die Unterschiede zwischen den Implantatgruppen waren nicht von statistischer Signifikanz ($p=0,123$).

Diese Ergebnisse stimmen weitestgehend mit denen der Literatur überein. So fand eine Vergleichsstudie von *Gulje et al.* sowohl in der Gruppe kurzer Implantate, als auch in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift einen medianen Plaqueindex vom Grad 0 (127). Dabei konnten in Bezug auf den Plaqueindex keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen beiden Implantatgruppen festgestellt werden ($p=0,303$) (127).

Eine Vergleichsstudie von *Taschieri et al.* ermittelte die Plaqueakkumulation an kurzen Implantaten im Vergleich zur Plaqueakkumulation an Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift ohne eine nähere Beschreibung der Methodik (124). Bei einem 3-Jahres Follow-up fanden die Autoren ebenfalls keinen statistisch signifikanten Unterschied in der Plaqueakkumulation beider Implantatgruppen ($p=0,71$), dabei konnte an 2/36 kurzen Implantaten und an 2/53 Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift eine Plaqueakkumulation ermittelt werden (124). Diese Werte liegen etwas unter den von uns ermittelten Werten, was damit zusammenhängen könnte, dass in der genannten Studie Patienten mit einem

Plaqueindex, bezogen auf die gesamte Dentition, von über 25% aus der Studie exkludiert wurden (124).

Um eine endgültige Aussage zur lokalen Hygienisierbarkeit kurzer Implantate im Vergleich zu Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift zu treffen, bedarf es jedoch eine größere Anzahl nachuntersuchter Implantate in beiden Implantatgruppen.

5.3.4 Modifizierter Approximalraum-Plaque-Index (API) nach Lange et al.

In der Testgruppe ergab die Erhebung des modifizierten Approximalraum-Plaque-Index (API) nach *Lange et al.* an 19 Implantaten (82,6%) der Testgruppe einen Wert <25%, entsprechend einer optimalen Mundhygiene. An 2 Implantaten (8,7%) wurde ein Wert zwischen 25 und 39%, entsprechend einer guten Mundhygiene, ermittelt. Weitere 2 Implantate (8,7%) wiesen einen API von 40-69% auf, welcher einer mäßigen Mundhygiene entspricht. Folglich betrug der durchschnittliche API (\pm SD) der Testgruppe 16,0% \pm 12,7%, entsprechend einer sehr guten Mundhygiene.

In der Kontrollgruppe wiesen 4 Implantate (36,4%) einen Wert kleiner 25% und demnach eine optimale Mundhygiene auf. An 2 Implantaten (18,2%) wurde ein API von 25-39%, entsprechend einer guten Mundhygiene, festgestellt. Die verbleibenden 5 Implantate (45,5%) der Kontrollgruppe wiesen einen API zwischen 40 und 69% auf, welcher einer mäßigen Mundhygiene entspricht. Der durchschnittliche API (\pm SD) der Kontrollgruppe betrug 25,1% \pm 18,7%, entsprechend einer guten Mundhygiene. Die Unterschiede zwischen den Implantatgruppen waren nicht von statistischer Signifikanz ($p=0,214$).

In der Literatur fanden sich keine Vergleichsstudien mit Anwendung des modifizierten Approximalraum-Plaque-Index (API) nach *Lange*. In einer Untersuchung von *Thoma et al.* wurde stattdessen der Plaque control record bei einer Follow-up Untersuchung nach 5 Jahren angewendet und zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe kurzer Implantate und der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift ($p=0,31$) (126). Diese Ergebnisse sind in Einklang mit den Resultaten unserer Studie, wonach die Zugehörigkeit zu der Gruppe kurzer Implantate im Vergleich zur Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift keinen Einfluss auf die Mundhygiene haben.

5.3.5 Modifizierter Sulkusblutungsindex nach *Mombelli*

Um die Blutungsneigung, als Ausdruck einer entzündlichen Reaktion des periimplantären Weichgewebes im Sinne einer periimplantären Mukositis oder Periimplantitis, zu beurteilen eignet sich der modifizierte Sulkusblutungsindex nach *Mombelli* (134, 188). Als Zeichen stabiler periimplantärer Weichgewebsverhältnisse, weist die Abwesenheit einer solchen Blutung einen hohen negativen prädiktiven Wert auf (138, 139).

In dieser Studie wurde an 100% der kurzen Implantate ein Sulkusblutungsindex vom Grad 0 gemäß der Einteilung nach *Mombelli* ermittelt. Folglich beträgt der durchschnittliche modifizierte Sulkusblutungsindex (\pm SD) der Testgruppe 0 ± 0 .

In der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift wiesen 8 Implantate (72,7%) ebenfalls einen Grad 0 auf. An 3 Implantaten eines Patienten (27,3%) wurden jedoch isolierte Blutungspunkte sichtbar. Dies entspricht einem modifizierten Sulkusblutungsindex Grad 1 nach *Mombelli*. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Sulkusblutungsindex (\pm SD) von $0,3 \pm 0,5$. Der Unterschied zwischen den beiden Implantatgruppen erlangte keine statistische Signifikanz ($p=0,214$).

Eine fünfjährige randomisierte kontrollierte Vergleichsstudie von *Gulje et al.* fand ebenfalls keinen statistisch signifikanten Unterschied im modifizierten Sulkusblutungsindex nach *Mombelli* ($P=0.096$) (127). Dabei betrug der mediane Wert in beiden Implantatgruppen 0 (127). Die Inzidenz der periimplantären Mukositis war mit 22,2% in der Gruppe kurzer Implantate und 47,4% in der Gruppe der 11 mm Implantate mit Sinuslift ebenfalls nicht signifikant unterschiedlich ($P=0.063$) (127). Auch eine Studie von *Rossi et al.* machte ähnliche Beobachtungen (129). Eine Studie von *Taschieri et al.* beobachtete nach 3 Jahren lediglich an einem aus 37 kurzen Implantaten eine Blutung auf Sondierung, während in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift keines der 55 Implantate eine Blutung auf Sondierung aufwies (124). Dabei ist anzumerken, dass in besagter Studie, Patienten mit einem Plaqueindex von über 25% ausgeschlossen wurden, was eine mögliche Erklärung für die sehr geringen Blutungswerte darstellt.

Demgegenüber beobachtete eine Studie von *Thoma et al.* eine deutlich höhere Prävalenz der Blutungsneigung (126). Dabei wurde an 40,9 % der Patienten aus der Gruppe kurzer Implantate und an 50,0% der Patienten aus der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit

Sinuslift eine Blutung auf Sondierung festgestellt (126). Diese Abweichung von anderen Vergleichsstudien blieb von den Autoren unkommentiert (126). Dennoch erlangten die Unterschiede zwischen beiden Implantatgruppen auch in dieser Studie keine statistische Signifikanz ($p=0.41$) (126).

5.3.6 Sondierungstiefe

Periimplantäre Erkrankungen sind häufig mit erhöhten Sondierungstiefen assoziiert (51). Dabei sind diese oft Ausdruck eines Attachmentverlusts mit erhöhter Permeabilität der epithelialen Grenzschicht und periimplantärem Knochenverlust (51, 142, 143). Jedoch ist bei der Interpretation und dem Vergleich von Sondierungstiefen zu beachten, dass das Implant- und Abutmentdesign sowie die Form der prothetischen Versorgung Einfluss auf die ermittelten Sondierungstiefen haben kann (189, 190). *Lang et al.* sahen periimplantäre Sondierungstiefen von 2-4 mm als Normalwerte bei gesunden periimplantären Verhältnissen an, wobei an Bone Level Implantaten und in Patienten mit dickem gingivalem Typus auch höhere Sondierungstiefen der Norm entsprechen (16).

In dieser Studie betrug der Mittelwert (\pm SD) aller gemessener Sondierungstiefen der Testgruppe $2,0 \pm 0,8$ mm. Die durchschnittliche Sondierungstiefe (\pm SD) aller ermittelten Sondierungstiefen der Kontrollgruppe lag bei $2,7 \pm 1,1$ mm. Der Mann-Whitney-U-Test ergab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen beiden Implantatgruppen ($p=0,000$).

Die ermittelten Einzelwerte weichen dabei nicht wesentlich von den in der Literatur veröffentlichten Werten ab, jedoch finden sich in lediglich einer Studie ebenfalls statistisch signifikant geringere Sondierungstiefen in der Gruppe kurzer Implantate (172). So erfassten *Pieri et al.* in ihrer retrospektiven Kohortenstudie mittlere Sondierungstiefen von $3,18 \pm 0,79$ mm in der Gruppe kurzer Implantate und Sondierungstiefen von $3,47 \pm 0,89$ mm in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift ($p=0,02$) (172). Dagegen fanden *Gulje et al.* bei einem 5-Jahres Follow-up ihrer randomisierten kontrollierten Studie mittlere Sondierungstiefen von $2,8 \pm 1,0$ mm in der Gruppe kurzer Implantate und $3,3 \pm 0,8$ mm in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift ($P=0,111$) (127). Auch Studien von *Thoma et al.* und *Rossi et al.* ermittelten ähnliche Werte, ohne statistisch signifikante Unterschiede zwischen beiden Implantatgruppen (126, 129). Dabei sind die Diskrepanzen im ermittelten p-Wert vermutlich statistisch auf die vergleichsweise geringe Stichprobengröße der Kontrollgruppe unserer Studie zurückzuführen.

5.4 Ergebnisse der Fragebögen

5.4.1 OHIP-G14

Die Patienten wurden im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung aufgefordert Einschränkungen aufgrund ihrer Mundgesundheit mit Häufigkeitsangaben von „nie“ (0) bis „sehr oft“ (4) zu quantifizieren. Die maximal erreichbare Punkteanzahl des Fragebogens betrug dabei 56 Punkte, das Minimum betrug 0 Punkte. Im Durchschnitt (\pm SD) erreichten Patienten der Testgruppe eine Punkteanzahl von $1,9 \pm 3,4$, Patienten der Kontrollgruppe hingegen $5,0 \pm 4,5$ Punkten. Der Mann-Whitney-U-Test ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede in den OHIP-G14 Werten beider Implantatgruppen ($p=0,180$).

Diese Ergebnisse decken sich mit denen der Literatur. Auch die Auswertung eines OHIP-49 Fragebogens in einer Studie von *Thoma et al.* ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen beiden Implantatgruppen 5 Jahre nach der endgültigen prothetischen Versorgung (126). Hierbei sind die Werte vergleichbar, da im OHIP-49, der englischsprachigen Originalversion des OHIP-G14, die gleichen Werte (0=nie bis 4=sehr oft) verwendet werden (126). Dabei betrug die mediane Gesamtpunktezahl der Testgruppe 3,0 (0,0 bis 82,0), während es in der Kontrollgruppe 5,0 (0,0 bis 84,0) waren ($p = 0,11$) (126).

In beiden Gruppen wurden signifikante Verbesserungen zum Ausgangswert (vor der Implantation) ermittelt (126).

Auch *Rossi et al.* erfassten nach 2 Jahren eine generelle Zufriedenheit der Patienten beider Implantatgruppen, mit einem Trend zur geringeren Einschränkung, aufgrund der Mundgesundheit in der Gruppe kurzer Implantate (129). Anders als im OHIP-G14, wurde durch den OHIP20E-Fragebogen eine Punktezahl von 1 (immer) bis 6 (nie) vergeben (129). Dabei wurden in der Testgruppe in Bezug auf die Kriterien körperliche Einschränkungen, psychische Beschwerden und soziale Einschränkung eine volle Punktzahl ($6,0 \pm 0,0$) vergeben, während in der Gruppe der Implantate in Standardlänge entsprechend $5,7 \pm 0,3$, $5,8 \pm 0,2$ und $4,9 \pm 2,4$ Punkte vergeben wurden (129). Auch bezüglich der funktionellen Einschränkung ($5,9 \pm 0,2$) und körperlicher Schmerzen ($5,8 \pm 0,1$) übertrafen die Werte der Testgruppe die der Kontrollgruppe (entsprechend $5,5 \pm 0,6$ und $5,2 \pm 0,3$) (129). Insgesamt bestätigt sich ein Trend der vergleichsweise geringeren Einschränkungen aufgrund der Mundgesundheit in der Gruppe der kurzen Implantate. Es lässt sich jedoch in beiden Gruppen eine hohe generelle Patientenzufriedenheit erfassen.

5.4.2 Selbsterstellter Fragebogen

Die Patienten wurden im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung gebeten einen eigens erstellten Fragebogen zur Einschätzung der patientenbezogenen Risikofaktoren und der allgemeinen Patientenzufriedenheit auszufüllen.

5.4.2.1 Patientenbezogene Risikofaktoren

In der Literatur wurden eine Reihe von systemischen Erkrankungen und Einflüsse beschrieben, welche ein Risiko für die Implantattherapie darstellen (164). Um solche Risikofaktoren zu erfassen, wurden die Patienten im Rahmen des Fragebogens unter anderem gezielt nach einem Diabetes mellitus, einer Osteoporose, einer Radiatio, einer bestehenden Medikation, insbesondere einer solchen mit Antiresorptiva, sowie nach dem Rauchverhalten und einem bestehenden Bruxismus gefragt.

In der Testgruppe gab eine Patientin (7,1%) bezüglich patientenbezogener Risikofaktoren an Raucherin zu sein. Eine weitere Patientin (7,1%) litt unter Diabetes mellitus vom Typ 2. Zwei weitere Patientinnen (14,3%) gaben an, an Osteoporose zu leiden, jedoch keine Antiresorptiva einzunehmen. Eine Patientin (7,1%) erhielt vor über 40 Jahren eine Radiatio, konnte jedoch keine Angaben zum Zielvolumen oder Dosis machen. Vier Patienten (28,6%) gaben an unter einer Allergie zu leiden. Zehn Patienten (71,4%) gaben an sich jährlich zur zahnärztlichen Nachkontrolle zu begeben, drei weitere Patienten (21,4%) gaben an solche Kontrollen halbjährlich wahrzunehmen, während eine Patientin (7,1%) keine Angabe machte.

In der Kontrollgruppe gab ein Patient (16,7%) an Raucher zu sein und eine Patientin (16,7%) litt an Osteoporose, welche jedoch nicht mittels Antiresorptiva behandelt wurde. Keiner der Patienten wurde bestrahlt oder litt an Diabetes mellitus. Drei Patienten (50%) gaben an halbjährlich an Follow-up Untersuchungen teilzunehmen, während weitere drei Patienten (50%) angaben, lediglich bei akuten Beschwerden die Zahnklinik aufzusuchen.

Die Patienten wurden ferner gebeten ihre eigene Mundhygiene auf einer Skala von 1 (ungenügend) bis 5 (sehr gut) zu bewerten. Der durchschnittlich ermittelte Wert (\pm SD) der Test- und Kontrollgruppe betrug $4,3 \pm 0,7$ bzw. $4,2 \pm 0,8$ ($p=0,718$).

Auf die Frage nach einer möglichen Überlastung der Studienimplantate gaben zwei Patienten (14,3%) der Testgruppe an eine Aufbissschiene zur Linderung der Symptomatik und Schutz der

implantatprothetischen Versorgung bei vorliegendem Bruxismus zu tragen. Die restlichen zwölf nachuntersuchten Patienten (85,7%) der Testgruppe gaben an nicht zu knirschen oder pressen. In der Kontrollgruppe gab eine Patientin (16,7%) an zu knirschen, jedoch keine Aufbisschiene zu tragen. Die restlichen Patienten (83,3%) der Kontrollgruppe gaben ebenfalls an ihr Implantat nicht übermäßig zu belasten.

Bezüglich der Einflüsse einer Osteoporose auf die Implantatprognose fanden *de Medeiros et al.* in ihrer systematischen Übersichtsarbeit mit Metaanalyse zwar keinen Einfluss einer Osteoporose auf das Implantatüberleben, jedoch konnte ein signifikant größerer periimplantärer Knochenverlust ($P=0,005$) in der Gruppe der an Osteoporose erkrankten Patienten nachgewiesen werden (191). Dabei betonten *Schiegnitz* und *Kämmerer*, dass aufgrund der geringeren Primärstabilität von Implantaten im osteoporotischen Knochen ein entsprechendes Belastungsprotokoll gewählt werden sollte (164). Sie rieten ferner zu einer fachärztlichen Beurteilung der Ernährungs- und Knochensituation, sowie einer Risikoabwägung im Falle einer Medikation mit Bisphosphonaten (164).

Der Einfluss eines mangelhaft eingestellten Diabetes mellitus wird mit der Beeinträchtigung der Knochenheilung, durch eine eingeschränkte Vaskularität, einer reduzierten Immunkompetenz des Wirts, sowie der Formation sogenannter „advanced glycation end products“ (AGEs), der reduzierten Kollagenproduktion und einer erhöhten Kollagenaseaktivität begründet (50). Aus systematischen Übersichtsarbeiten von *Naujokat et al.* und *Moraschini et al.* ging ein größerer marginaler Knochenverlust ($p<0,025$) und eine verlängerte Osseointegrationsperiode von Implantaten in schlecht-eingestellten Diabetikern ($HbA1c \geq 10\%$) hervor (192, 193). Jedoch finden sich bezüglich der Einflüsse der Krankheitsdauer und -einstellung, sowie der Einflüsse eines Diabetes mellitus auf eine Periimplantitis und ein Implantatversagen widersprüchliche Ergebnisse (192, 194). Ein signifikanter Unterschied in der Implantatüberlebensrate gut eingestellter Typ 1 ($p=0,29$) und Typ 2 ($p=0,47$) Diabetiker und solcher gesunder Probanden konnte hingegen nicht beobachtet werden (193). Diese Ergebnisse sind auch in Einklang mit einer Studie von *Staedt et al.* (77).

Der Einfluss des Rauchens wird vor allem auf Veränderungen der peripheren Vaskulärität, sowie die kompromittierte Funktion sowohl neutrophiler Granulozyten, Makrophagen und Fibroblasten zurückgeführt (47). Es wird davon ausgegangen, dass Zigarettenrauch somit die

entscheidenden biologischen Prozesse während der Osseointegration (39), aber auch in der Erhaltung des periimplantären Knochenniveaus beeinflusst und somit zu geringeren Implantatüberlebens- und -erfolgsraten führt (48). Eine Studie von *Roos-Jansåker et al.* beschrieb eine Korrelation zwischen Rauchen und Mukositis ($p=0.02$), Knochenniveau ($p<0.001$) und Periimplantitis ($p<0.05$) (73). Die Wahrscheinlichkeit an Periimplantitis zu erkranken wird bei Rauchern gegenüber Nichtrauchern mit einem 3,6 bis 4,6-fachen Risiko angegeben (48).

Die Einflüsse von Bruxismus auf das Implantatversagen werden in der Literatur kontrovers diskutiert. In einer systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse fanden *Zhou et al.* einen statistisch signifikanten Einfluss von Bruxismus auf Implantatversagen, während die Arbeiten von *Manfredini et al.* und *Chrcanovic et al.* zu dem gegenteiligen Ergebnis kamen (195-197). Nach Auffassung mancher Autoren führen die Bruxismus-induzierten Überlastungen zu signifikant häufigeren technischen Komplikation, z.B. im Sinne eines Chippings, Lockerungen und Frakturen sowie biologischen Komplikationen im Sinne eines marginalen Knochenverlusts und einer Periimplantitis (195). Jedoch kommen andere Studien zu gegenteiligen Ergebnissen (196). *Manor et al.* fanden zwar eine größere Anzahl von Patienten mit Bruxismus in der Gruppe der Patienten mit Spätversagen, jedoch erlangte dieser Zusammenhang in ihrer Studie keine statistische Signifikanz (45). Insgesamt bedarf es Studien mit größeren Fallzahlen und längeren Beobachtungszeiträumen zur abschließenden Bewertung des Einflusses von Bruxismus auf die Implantatprognose.

Die Einflüsse einer Radiatio und Antiresorptivtherapie auf die Implantatprognose wurden unter 5.1 bereits umfangreich diskutiert.

5.4.2.2 Allgemeine Patientenzufriedenheit

Die Patienten wurden ferner gebeten ihre Zufriedenheit auf einer Skala von 1 (sehr unzufrieden) bis 5 (sehr zufrieden) einzuordnen. Auf die Frage der Zufriedenheit mit den jeweiligen Studienimplantaten gaben 13 Patienten (92,9%) der Gruppe kurzer Implantate an sehr zufrieden (5/5) zu sein, eine weitere Patientin (7,1%) bewertete ihr Studienimplantat mit einer 4 aus 5 möglichen Punkten (zufrieden). Folglich betrug die mittlere (\pm SD) Zufriedenheit mit den jeweiligen Studienimplantaten der Testgruppe $4,9 \pm 0,3$. Demgegenüber gaben in der Gruppe der Implantate in Standardlänge mit Sinuslift lediglich zwei Patienten (33,3%) an sehr zufrieden (5/5) mit den Studienimplantaten zu sein. Drei weitere Patienten (50%) bewerteten ihre Studienimplantate mit 4/5, während eine Patientin ihre Studienimplantate mit einer 1/5 bewertete. Die Zufriedenheit der Patienten der Kontrollgruppen bezüglich ihrer Studienimplantate betrug dementsprechend im Durchschnitt (\pm SD) $3,8 \pm 1,5$ ($p=0,033$).

Die Patientenzufriedenheit mit der Operation betrug in der Testgruppe im Durchschnitt (\pm SD) $4,8 \pm 0,4$ und in der Kontrollgruppe $4,7 \pm 0,5$ ($p=0,718$). Die mittlere Patientenzufriedenheit (\pm SD) mit der prothetischen Versorgung betrug in der Testgruppe $4,6 \pm 0,7$, während sie in der Kontrollgruppe $3,5 \pm 1,5$ betrug ($p=0,091$).

Die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse sind vergleichbar mit denen der Literatur. So beobachteten auch *Felice et al.* in einer Split-mouth Studie nach 5 Jahren, bei hoher Patientenzufriedenheit mit beiden Therapiealternativen, eine statistisch signifikante Präferenz für den Therapiearm mittels kurzer Implantate (122).

Gulje et al. ermittelten die Patientenzufriedenheit vor Implantation, sowie 1 Jahr und 5 Jahre nach der Implantation (127). Dabei konnte eine signifikant höhere Patientenzufriedenheit nach der Implantation ermittelt werden ($p<0,01$) (127). So betrug die generelle Zufriedenheit nach 5 Jahren in der Gruppe der kurzen Implantate $9,4 \pm 0,8$ aus 10 möglichen Punkten, während sie in der Gruppe der Implantate in Standardlänge $9,2 \pm 0,8$ betrug ($p<0,01$) (127). Im 5-Jährigen Follow-up gaben die Patienten beider Gruppen signifikante Verbesserungen gegenüber den Ursprungswerten in Hinblick auf ein Schamgefühl, Sichtbarkeit der Teilbezahnung und Mastifikationsfunktion an (127). Dabei war die Patientenzufriedenheit der Testgruppe in allen abgefragten Aspekten der Kontrollgruppe überlegen, jedoch waren die Unterschiede nicht von statistischer Signifikanz ($p=0,434$) (127).

Auch eine Studie von *Bechara et al.* fand im Rahmen eines 3-Jahres Follow-up eine hohe Patientenzufriedenheit in beiden Implantatgruppen (7). So gaben alle Patienten an, in Bezug auf Funktion ($p=0.7$), Ästhetik ($p=0.5$), Hygienisierbarkeit ($p=0.6$) und generell ($P=0.7$) entweder völlig oder ausreichend zufrieden zu sein (7). Dabei schnitt die Gruppe kurzer Implantate auch in dieser Studie in allen Aspekten besser ab, jedoch ergaben sich lediglich in Bezug auf die Kosten ($p=0,03$) Unterschiede von statistischer Signifikanz (7). Auch Studien von *Gastaldi et al.*, *Esposito et al.* und *Zhang et al.* lieferten ähnliche Werte mit einer hohen Patientenzufriedenheit in beiden Gruppen (24, 120, 128). Dabei mutmaßten *Esposito et al.*, dass die Zufriedenheit mit einer Versorgung mittels feststehendem Zahnersatz, die Patienten die durchgemachten Schmerzen vergessen ließen (120).

Felice et al. und *Taschieri et al.* beobachteten, dass die Patientenpräferenz unmittelbar nach dem jeweiligen Eingriff mit der Invasivität des Eingriffs korrelierte (122, 124). *Taschieri et al.* ermittelten dabei signifikant weniger Schmerzen, sowie einen signifikant geringeren Analgetika-Verbrauch in der Gruppe der kurzen Implantate in den ersten 6 Tagen postoperativ (124). Nach einem Jahr glichen sich die Patientenzufriedenheiten an und lediglich die Leichtigkeit der Mundhygienemaßnahmen wurde in der Gruppe kurzer Implantate signifikant besser bewertet (124).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der zusätzliche Sinuslift in der Gruppe der Implantate in der Standardlänge die Lebensqualität und Zufriedenheit der Patienten während und unmittelbar nach dem Eingriff stärker einschränkt, als dies in der Gruppe der Patienten mit kurzen Implantaten der Fall ist, sich diese Unterschiede aber im zeitlichen Verlauf nivellieren.

6 Zusammenfassung

Implantate in Standardlänge in Kombination mit einem Sinuslift galten lange Zeit als Goldstandard bei vertikaler Kieferkammatrophy in der Versorgung der posterioren Maxilla. In den letzten Jahren hat sich durch eine Veränderung im Implantatdesign die Prognose kurzer Implantate, als Therapiealternative zu längeren Implantaten mit Sinuslift, verbessert. Dennoch gab es nur wenige Studien mit meist kleinen Fallzahlen und kurzen Beobachtungszeiträumen, welche beide Verfahren miteinander verglichen.

In dieser Studie wurden Patientenfälle, denen im Zeitraum zwischen Januar 2002 und Mai 2019 an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, plastische Operationen, der Universitätsmedizin Mainz kurze Implantate (mit einer Länge bis einschließlich 8 mm) ohne augmentative Maßnahmen oder Implantate in Standardlänge (mit einer Länge über 8 mm) in Kombination mit einem Sinuslift inseriert wurden, berücksichtigt. Es sollte untersucht werden, ob kurze Implantate im Hinblick auf das Implantatüberleben, klinische und röntgenologische Parameter, sowie die Patientenzufriedenheit, eine begründete Alternative zu Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift darstellen.

Hinsichtlich des Implantatüberlebens konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen beiden Implantatgruppen ermittelt werden ($p=0,421$). Dabei betrug die kumulierte 5- und 10-Jahres Überlebensrate der Testgruppe 91,8% und 82,5%, während diese in der Kontrollgruppe bei 90,7% und 74,7% lag. In der Testgruppe betrug der durchschnittliche marginale Knochenverlust (\pm SD), bei einem mittleren Beobachtungszeitraum (\pm SD) von $42,1 \pm 37,1$ Monaten, $0,70 \pm 0,72$ mm. Demgegenüber lag er in der Kontrollgruppe bei $0,96 \pm 0,91$ mm bei einem mittleren Beobachtungszeitraum (\pm SD) von $32,9 \pm 32,3$ Monaten. Somit konnte ein signifikant geringerer marginaler Knochenverlust in der Gruppe der kurzen Implantate beobachtet werden ($p=0,000$).

Hinsichtlich der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität ergaben sich keine signifikanten Unterschiede ($p=0,180$). Jedoch konnte eine signifikant höhere Patientenzufriedenheit mit dem jeweiligen Studienimplantat in der Testgruppe festgestellt werden ($p=0,033$).

Insgesamt konnten in beiden Implantatgruppen zufriedenstellende Langzeitüberlebensraten, sowie ähnliche Ergebnisse bezüglich der klinischen Parameter und eine hohe Patientenzufriedenheit ermittelt werden. Diese Ergebnisse befinden sich im Einklang mit den

einschlägigen internationalen Untersuchungen. Unter Berücksichtigung der Minimalinvasivität und des Behandlungsrisikos, der Behandlungsdauer und -kosten, sowie der geringeren Patientenmorbidity stellen kurze Implantate in der atrophierten posterioren Maxilla eine begründete Alternative zu Implantaten in Standardlänge mit Sinuslift dar.

7 Quellenverzeichnis

1. Cho-Lee GY, Naval-Gias L, Castrejon-Castrejon S, Capote-Moreno AL, Gonzalez-Garcia R, Sastre-Perez J, et al. A 12-year retrospective analytic study of the implant survival rate in 177 consecutive maxillary sinus augmentation procedures. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010;25(5):1019-27.
2. Sbordone C, Toti P, Ramaglia L, Guidetti F, Sbordone L, Martuscelli R. A 5-year clinical and computerized tomographic implant follow-up in sinus-lifted maxillae and native bone. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(9):1056-64.
3. Tetsch J, Tetsch P, Lysek DA. Long-term results after lateral and osteotome technique sinus floor elevation: a retrospective analysis of 2190 implants over a time period of 15 years. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(5):497-503.
4. Schiegnitz E, Kämmerer PW. Kurze Implantate -Eine Literaturübersicht. *Quintessenz Implantologie.* 2014;65(1):1-8.
5. Lee SA, Lee CT, Fu MM, Elmisalati W, Chuang SK. Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials for the management of limited vertical height in the posterior region: short implants (5 to 8 mm) vs longer implants (> 8 mm) in vertically augmented sites. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(5):1085-97.
6. Thoma DS, Haas R, Tutak M, Garcia A, Schincaglia GP, Hammerle CH. Randomized controlled multicentre study comparing short dental implants (6 mm) versus longer dental implants (11-15 mm) in combination with sinus floor elevation procedures. Part 1: demographics and patient-reported outcomes at 1 year of loading. *J Clin Periodontol.* 2015;42(1):72-80.
7. Bechara S, Kubilius R, Veronesi G, Pires JT, Shibli JA, Mangano FG. Short (6-mm) dental implants versus sinus floor elevation and placement of longer (>/=10-mm) dental implants: a randomized controlled trial with a 3-year follow-up. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(9):1097-107.
8. Neugebauer J, Nickenig H, Zöller H. Update: Kurze, angulierte und durchmesserreduzierte Implantate. Konsensuspapier 2016 [Internet]. 2016 14.07.2021:[1-7 pp.]. Available from: <https://bdizedi.org/kurze-angulierte-und-durchmesserreduzierte-implantate/>.
9. Nedir R, Bischof M, Briaux JM, Beyer S, Szmukler-Moncler S, Bernard JP. A 7-year life table analysis from a prospective study on ITI implants with special emphasis on the use of short implants. Results from a private practice. *Clin Oral Implants Res.* 2004;15(2):150-7.
10. Bahat O. Branemark system implants in the posterior maxilla: clinical study of 660 implants followed for 5 to 12 years. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000;15(5):646-53.
11. Friberg B, Jemt T, Lekholm U. Early failures in 4,641 consecutively placed Branemark dental implants: a study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1991;6(2):142-6.
12. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Branemark system. *Clin Oral Implants Res.* 1992;3(3):104-11.
13. Jemt T, Lekholm U. Implant treatment in edentulous maxillae: a 5-year follow-up report on patients with different degrees of jaw resorption. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1995;10(3):303-11.

14. Herrmann I, Lekholm U, Holm S, Kultje C. Evaluation of patient and implant characteristics as potential prognostic factors for oral implant failures. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005;20(2):220-30.
15. Naert I, Koutsikakis G, Duyck J, Quirynen M, Jacobs R, van Steenberghe D. Biologic outcome of implant-supported restorations in the treatment of partial edentulism. part I: a longitudinal clinical evaluation. *Clin Oral Implants Res*. 2002;13(4):381-9.
16. Wyatt CC, Zarb GA. Treatment outcomes of patients with implant-supported fixed partial prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1998;13(2):204-11.
17. Weng D, Jacobson Z, Tarnow D, Hurzeler MB, Faehn O, Sanavi F, et al. A prospective multicenter clinical trial of 3i machined-surface implants: results after 6 years of follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2003;18(3):417-23.
18. Lee JH, Frias V, Lee KW, Wright RF. Effect of implant size and shape on implant success rates: a literature review. *J Prosthet Dent*. 2005;94(4):377-81.
19. Renouard F, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res*. 2006;17 Suppl 2:35-51.
20. Malchiodi L, Cucchi A, Ghensi P, Consonni D, Nocini PF. Influence of crown-implant ratio on implant success rates and crestal bone levels: a 36-month follow-up prospective study. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(2):240-51.
21. Lee KJ, Kim YG, Park JW, Lee JM, Suh JY. Influence of crown-to-implant ratio on periimplant marginal bone loss in the posterior region: a five-year retrospective study. *J Periodontal Implant Sci*. 2012;42(6):231-6.
22. Blanes RJ, Bernard JP, Blanes ZM, Belser UC. A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II: Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. *Clin Oral Implants Res*. 2007;18(6):707-14.
23. Morand M, Irinakis T. The challenge of implant therapy in the posterior maxilla: providing a rationale for the use of short implants. *J Oral Implantol*. 2007;33(5):257-66.
24. Gastaldi G, Felice P, Pistilli R, Barausse C, Trullenque-Eriksson A, Esposito M. Short implants as an alternative to crestal sinus lift: a 3-year multicentre randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol*. 2017;10(4):391-400.
25. Cruz RS, Lemos CAA, Batista VES, Oliveira H, Gomes JML, Pellizzer EP, et al. Short implants versus longer implants with maxillary sinus lift. A systematic review and meta-analysis. *Braz Oral Res*. 2018;32:e86.
26. Pohl V, Thoma DS, Sporniak-Tutak K, Garcia-Garcia A, Taylor TD, Haas R, et al. Short dental implants (6 mm) versus long dental implants (11-15 mm) in combination with sinus floor elevation procedures: 3-year results from a multicentre, randomized, controlled clinical trial. *J Clin Periodontol*. 2017;44(4):438-45.
27. Neukam F. Lebenserwartung von Implantaten und Implantatlager. *Wissenschaftliche Stellungnahme* [Internet]. 2000:[1-3 pp.].
28. Schnitman P, Shulman L. Dental implants: Benefit and risk. *National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement*. 1978;1:13-9.
29. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1986;1(1):11-25.
30. Jahn M, B dH. Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten: Ein Vergleich verschiedener Kriterien. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie*. 1992;1992:221-6.
31. Snauwaert K, Duyck J, van Steenberghe D, Quirynen M, Naert I. Time dependent failure rate and marginal bone loss of implant supported prostheses: a 15-year follow-up study. *Clin Oral Investig*. 2000;4(1):13-20.

32. Misch CE, Perel ML, Wang H-L, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, et al. Implant Success, Survival, and Failure: The International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dentistry*. 2008;17(1):5-15.
33. Koeck B, Wagner W, Ackermann KL, Al-Nawas B, Behneke A, Behneke N, et al. *Implantologie*. 2 ed. München: Elsevier GmbH, Urban & Fischer; 2004. 396 p.
34. Luongo G, Lenzi C, Raes F, Eccellente T, Ortolani M, Mangano C. Immediate functional loading of single implants: a 1-year interim report of a 5-year prospective multicentre study. *Eur J Oral Implantol*. 2014;7(2):187-99.
35. Brånemark P, Zarb G, Albrektsson T. *Gewebeintegrierter Zahnersatz: Osseointegration in klinischer Zahnheilkunde* (Titel der englischsprachigen Originalausgabe: „Tissue-Integrated Protheses, Osseointegration in Clinical Dentistry“). Tetsch P, editor. Berlin: Quintessenz; 1985.
36. Sennerby L. *On the bone tissue response to titanium implants*. Gothenburg: University of Gothenburg; 1991.
37. Esposito M, Thomsen P, Ericson LE, Lekholm U. Histopathologic observations on early oral implant failures. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1999;14(6):798-810.
38. van Steenberghe D, Jacobs R, Desnyder M, Maffei G, Quirynen M. The relative impact of local and endogenous patient-related factors on implant failure up to the abutment stage. *Clin Oral Implants Res*. 2002;13(6):617-22.
39. Alsaadi G, Quirynen M, Komarek A, van Steenberghe D. Impact of local and systemic factors on the incidence of oral implant failures, up to abutment connection. *J Clin Periodontol*. 2007;34(7):610-7.
40. Buch RS, Weibrich G, Wagner W. [Criteria of success in implantology]. *Mund Kiefer Gesichtschir*. 2003;7(1):42-6.
41. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Implants Res*. 1990;1(1):33-40.
42. Hellwig E, Schäfer E, Klimek J, Attin T. *Einführung in die Zahnerhaltung: Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie*. 7 ed. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2018.
43. Naert I, Quirynen M, van Steenberghe D, Darius P. A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. *J Prosthet Dent*. 1992;67(2):236-45.
44. Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. *Eur J Oral Sci*. 1998;106(1):527-51.
45. Manor Y, Oubaid S, Mardinger O, Chaushu G, Nissan J. Characteristics of early versus late implant failure: a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009;67(12):2649-52.
46. Quirynen M, De Soete M, van Steenberghe D. Infectious risks for oral implants: a review of the literature. *Clin Oral Implants Res*. 2002;13(1):1-19.
47. Palmer RM, Wilson RF, Hasan AS, Scott DA. Mechanisms of action of environmental factors--tobacco smoking. *J Clin Periodontol*. 2005;32 Suppl 6:180-95.
48. Heitz-Mayfield LJ, Huynh-Ba G. History of treated periodontitis and smoking as risks for implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009;24 Suppl:39-68.
49. Hutton JE, Heath MR, Chai JY, Harnett J, Jemt T, Johns RB, et al. Factors related to success and failure rates at 3-year follow-up in a multicenter study of overdentures supported by Branemark implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1995;10(1):33-42.

50. Kotsovilis S, Karoussis IK, Fourmouis I. A comprehensive and critical review of dental implant placement in diabetic animals and patients. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(5):587-99.
51. Heitz-Mayfield LJ. Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol.* 2008;35(8 Suppl):292-304.
52. Smeets R, Henningsen A, Jung O, Heiland M, Hammacher C, Stein JM. Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis--a review. *Head Face Med.* 2014;10:34.
53. Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn- M-uKDDGfrZ-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK), Schwarz F, Becker J. Die Behandlung periimplantärer Infektionen an Zahnimplantaten. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.; 2016. p. 1-.
54. Derks J, Tomasi C. Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology. *J Clin Periodontol.* 2015;42 Suppl 16:S158-71.
55. Ferreira SD, Silva GL, Cortelli JR, Costa JE, Costa FO. Prevalence and risk variables for peri-implant disease in Brazilian subjects. *J Clin Periodontol.* 2006;33(12):929-35.
56. Dvorak G, Arnhart C, Heuberger S, Huber CD, Watzek G, Gruber R. Peri-implantitis and late implant failures in postmenopausal women: a cross-sectional study. *J Clin Periodontol.* 2011;38(10):950-5.
57. Maximo MB, de Mendonca AC, Alves JF, Cortelli SC, Peruzzo DC, Duarte PM. Peri-implant diseases may be associated with increased time loading and generalized periodontal bone loss: preliminary results. *J Oral Implantol.* 2008;34(5):268-73.
58. Mir-Mari J, Mir-Orfila P, Figueiredo R, Valmaseda-Castellon E, Gay-Escoda C. Prevalence of peri-implant diseases. A cross-sectional study based on a private practice environment. *J Clin Periodontol.* 2012;39(5):490-4.
59. Marrone A, Lasserre J, Bercy P, Brex MC. Prevalence and risk factors for peri-implant disease in Belgian adults. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(8):934-40.
60. Casado PL, Villas-Boas R, de Mello W, Duarte ME, Granjeiro JM. Peri-implant disease and chronic periodontitis: is interleukin-6 gene promoter polymorphism the common risk factor in a Brazilian population? *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(1):35-43.
61. Fransson C, Lekholm U, Jemt T, Berglundh T. Prevalence of subjects with progressive bone loss at implants. *Clin Oral Implants Res.* 2005;16(4):440-6.
62. Fransson C, Wennstrom J, Berglundh T. Clinical characteristics at implants with a history of progressive bone loss. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19(2):142-7.
63. Roos-Jansaker AM, Lindahl C, Renvert H, Renvert S. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part II: presence of peri-implant lesions. *J Clin Periodontol.* 2006;33(4):290-5.
64. Koldslund OC, Scheie AA, Aass AM. Prevalence of peri-implantitis related to severity of the disease with different degrees of bone loss. *J Periodontol.* 2010;81(2):231-8.
65. Zetterqvist L, Feldman S, Rotter B, Vincenzi G, Wennstrom JL, Chierico A, et al. A prospective, multicenter, randomized-controlled 5-year study of hybrid and fully etched implants for the incidence of peri-implantitis. *J Periodontol.* 2010;81(4):493-501.
66. Cecchinato D, Parpaiola A, Lindhe J. A cross-sectional study on the prevalence of marginal bone loss among implant patients. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(1):87-90.
67. Cecchinato D, Parpaiola A, Lindhe J. Mucosal inflammation and incidence of crestal bone loss among implant patients: a 10-year study. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(7):791-6.
68. Romandini M, Lima C, Pedrinaci I, Araoz A, Soldini MC, Sanz M. Prevalence and risk/protective indicators of peri-implant diseases: A university-representative cross-sectional study. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(1):112-22.

69. Serino G, Strom C. Peri-implantitis in partially edentulous patients: association with inadequate plaque control. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20(2):169-74.
70. Papaioannou W, Quirynen M, Van Steenberghe D. The influence of periodontitis on the subgingival flora around implants in partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res.* 1996;7(4):405-9.
71. De Boever AL, De Boever JA. Early colonization of non-submerged dental implants in patients with a history of advanced aggressive periodontitis. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(1):8-17.
72. Gouvoussis J, Sindhusake D, Yeung S. Cross-infection from periodontitis sites to failing implant sites in the same mouth. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997;12(5):666-73.
73. Roos-Jansaker AM, Renvert H, Lindahl C, Renvert S. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part III: factors associated with peri-implant lesions. *J Clin Periodontol.* 2006;33(4):296-301.
74. Vestergaard P, Rejnmark L, Mosekilde L. Hypertension is a risk factor for fractures. *Calcif Tissue Int.* 2009;84(2):103-11.
75. Bastos MF, Brilhante FV, Bezerra JP, Silva CA, Duarte PM. Trabecular bone area and bone healing in spontaneously hypertensive rats: a histometric study. *Braz Oral Res.* 2010;24(2):170-6.
76. Sakka S, Baroudi K, Nassani MZ. Factors associated with early and late failure of dental implants. *J Investig Clin Dent.* 2012;3(4):258-61.
77. Staedt H, Rossa M, Lehmann KM, Al-Nawas B, Kammerer PW, Heimes D. Potential risk factors for early and late dental implant failure: a retrospective clinical study on 9080 implants. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1):81.
78. Berglundh T, Persson L, Klinge B. A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. *J Clin Periodontol.* 2002;29 Suppl 3:197-212; discussion 32-3.
79. Esposito M, Grusovin MG, Rees J, Karasoulos D, Felice P, Alissa R, et al. Interventions for replacing missing teeth: augmentation procedures of the maxillary sinus. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010(3):CD008397.
80. Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg.* 1980;38(8):613-6.
81. Lutz R, Neukam FW. Chirurgische Aspekte der Implantologie. In: Hausamen J-E, Machtens E, Reuther JF, Eufinger H, Kübler A, Schliephake H, editors. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie: Operationslehre und -atlas.* 4 ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH; 2012. p. 760.
82. Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compendium.* 1994;15(2):152, 4-6, 8 passim; quiz 62.
83. Cosci F, Luccioli M. A new sinus lift technique in conjunction with placement of 265 implants: a 6-year retrospective study. *Implant Dent.* 2000;9(4):363-8.
84. Kruse Gujer A, Jacobsen C, Grätz KW. *Facharztwissen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.* Heidelberg: Springer; 2013 16.08.2021. 381 p.
85. Ferrigno N, Laureti M, Fanali S. Dental implants placement in conjunction with osteotome sinus floor elevation: a 12-year life-table analysis from a prospective study on 588 ITI implants. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(2):194-205.
86. Fugazzotto PA, De Paoli S. Sinus Floor Augmentation on at the Time of Maxillary Molar Extraction: Success and Failure Rates of 137 Implants in Function for Up to 3 Years. *J Periodontol.* 2002;73(1):39-44.

87. Kermalli JY, Deporter DA, Lai JY, Lam E, Atenafu E. Performance of threaded versus sintered porous-surfaced dental implants using open window or indirect osteotome-mediated sinus elevation: a retrospective report. *J Periodontol.* 2008;79(4):728-36.
88. Vina-Almunia J, Maestre-Ferrin L, Alegre-Domingo T, Penarrocha-Diago M. Survival of implants placed with the osteotome technique: an update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012;17(5):e765-8.
89. Schwartz-Arad D, Herzberg R, Dolev E. The prevalence of surgical complications of the sinus graft procedure and their impact on implant survival. *J Periodontol.* 2004;75(4):511-6.
90. Barone A, Santini S, Sbordone L, Crespi R, Covani U. A clinical study of the outcomes and complications associated with maxillary sinus augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006;21(1):81-5.
91. Khoury F. Augmentation of the sinus floor with mandibular bone block and simultaneous implantation: a 6-year clinical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999;14(4):557-64.
92. Kim J, Jang H. A review of complications of maxillary sinus augmentation and available treatment methods. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2019;45(4):220-4.
93. Proussaefs P, Lozada J, Kim J, Rohrer MD. Repair of the perforated sinus membrane with a resorbable collagen membrane: a human study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19(3):413-20.
94. Jemt T, Lekholm U. Oral implant treatment in posterior partially edentulous jaws: a 5-year follow-up report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1993;8(6):635-40.
95. Lekholm U, Gunne J, Henry P, Higuchi K, Linden U, Bergstrom C, et al. Survival of the Branemark implant in partially edentulous jaws: a 10-year prospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999;14(5):639-45.
96. Lekholm U, Van Steenberghe D, Herrmann I, Bolender C, Folmer T, Gunne J, et al. Osseointegrated Implants in the Treatment of Partially Edentulous Jaws: A Prospective 5-Year Multicenter Study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994;9(6):627-35.
97. Nkenke E. Kurze Implantate: Ersetzen sie die Rekonstruktion des Alveolarfortsatzes? *Der MKG-Chirurg.* 2013;6(3):221-7.
98. Deporter D, Pilliar RM, Todescan R, Watson P, Pharoah M. Managing the posterior mandible of partially edentulous patients with short, porous-surfaced dental implants: early data from a clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2001;16(5):653-8.
99. Feldman S, Boitel N, Weng D, Kohles SS, Stach RM. Five-year survival distributions of short-length (10 mm or less) machined-surfaced and Osseotite implants. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2004;6(1):16-23.
100. Buser D, Mericske-Stern R, Bernard JP, Behneke A, Behneke N, Hirt HP, et al. Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res.* 1997;8(3):161-72.
101. Kotsovilis S, Fourmouis I, Karoussis IK, Bamia C. A systematic review and meta-analysis on the effect of implant length on the survival of rough-surface dental implants. *J Periodontol.* 2009;80(11):1700-18.
102. ten Bruggenkate CM, Asikainen P, Foitzik C, Krekeler G, Sutter F. Short (6-mm) nonsubmerged dental implants: results of a Multicenter clinical trial of 1 to 7 years. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1998;13(6):791-8.
103. Birdi H, Schulte J, Kovacs A, Weed M, Chuang SK. Crown-to-implant ratios of short-length implants. *J Oral Implantol.* 2010;36(6):425-33.
104. Urdaneta RA, Rodriguez S, McNeil DC, Weed M, Chuang SK. The effect of increased crown-to-implant ratio on single-tooth locking-taper implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010;25(4):729-43.

105. Brose MO, Avers RJ, Rieger MR, Duckworth JE. Submerged alumina dental root implants in humans: five-year evaluation. *J Prosthet Dent.* 1989;61(5):594-601.
106. Di Fiore A, Vigolo P, Sivoiella S, Cavallin F, Katsoulis J, Monaco C, et al. Influence of Crown-to-Implant Ratio on Long-Term Marginal Bone Loss Around Short Implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2019;34(4):992-8.
107. Tang Y, Yu H, Wang J, Gao M, Qiu L. Influence of crown-to-implant ratio and different prosthetic designs on the clinical conditions of short implants in posterior regions: A 4-year retrospective clinical and radiographic study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2020;22(1):119-27.
108. Brunski JB. In vivo bone response to biomechanical loading at the bone/dental-implant interface. *Adv Dent Res.* 1999;13:99-119.
109. Hadjidakis DJ, Androulakis, II. Bone remodeling. *Ann N Y Acad Sci.* 2006;1092:385-96.
110. Piccinini M, Cugnoni J, Botsis J, Ammann P, Wiskott A. Peri-implant bone adaptations to overloading in rat tibiae: experimental investigations and numerical predictions. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(11):1444-53.
111. Sahrman P, Schoen P, Naenni N, Jung R, Attin T, Schmidlin PR. Peri-implant bone density around implants of different lengths: A 3-year follow-up of a randomized clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2017;44(7):762-8.
112. Simons WF, De Smit M, Duyck J, Coucke W, Quirynen M. The proportion of cancellous bone as predictive factor for early marginal bone loss around implants in the posterior part of the mandible. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(9):1051-9.
113. Mangano F, Frezzato I, Frezzato A, Veronesi G, Mortellaro C, Mangano C. The Effect of Crown-to-Implant Ratio on the Clinical Performance of Extra-Short Locking-Taper Implants. *J Craniofac Surg.* 2016;27(3):675-81.
114. Rokni S, Todescan R, Watson P, Pharoah M, Adegbembo AO, Deporter D. An assessment of crown-to-root ratios with short sintered porous-surfaced implants supporting prostheses in partially edentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005;20(1):69-76.
115. Sahrman P, Naenni N, Jung RE, Held U, Truninger T, Hammerle CH, et al. Success of 6-mm Implants with Single-Tooth Restorations: A 3-year Randomized Controlled Clinical Trial. *J Dent Res.* 2016;95(6):623-8.
116. Pieri F, Aldini NN, Fini M, Marchetti C, Corinaldesi G. Preliminary 2-year report on treatment outcomes for 6-mm-long implants in posterior atrophic mandibles. *Int J Prosthodont.* 2012;25(3):279-89.
117. Sanz M, Naert I, Working G. Biomechanics/risk management (Working Group 2). *Clin Oral Implants Res.* 2009;20 Suppl 4:107-11.
118. Anitua E, Alkhrast MH, Pinas L, Begona L, Orive G. Implant survival and crestal bone loss around extra-short implants supporting a fixed denture: the effect of crown height space, crown-to-implant ratio, and offset placement of the prosthesis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(3):682-9.
119. Bulaqi HA, Mousavi Mashhadi M, Safari H, Samandari MM, Geramipناه F. Effect of increased crown height on stress distribution in short dental implant components and their surrounding bone: A finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2015;113(6):548-57.
120. Esposito M, Barausse C, Pistilli R, Sammartino G, Grandi G, Felice P. Short implants versus bone augmentation for placing longer implants in atrophic maxillae: One-year post-loading results of a pilot randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol.* 2015;8(3):257-68.
121. Esposito M, Barausse C, Pistilli R, Piattelli M, Di Simone S, Ippolito DR, et al. Posterior atrophic jaws rehabilitated with prostheses supported by 5 x 5 mm implants with a nanostructured calcium-incorporated titanium surface or by longer implants in augmented bone. Five-year results from a randomised controlled trial. *Int J Oral Implantol (Berl).* 2019;12(1):39-54.

122. Felice P, Pistilli R, Barausse C, Piattelli M, Buti J, Esposito M. Posterior atrophic jaws rehabilitated with prostheses supported by 6-mm-long 4-mm-wide implants or by longer implants in augmented bone. Five-year post-loading results from a within-person randomised controlled trial. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2019;12(1):57-72.
123. Felice P, Barausse C, Pistilli R, Ippolito DR, Esposito M. Five-year results from a randomised controlled trial comparing prostheses supported by 5-mm long implants or by longer implants in augmented bone in posterior atrophic edentulous jaws. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2019;12(1):25-37.
124. Taschieri S, Lolato A, Testori T, Francetti L, Del Fabbro M. Short dental implants as compared to maxillary sinus augmentation procedure for the rehabilitation of edentulous posterior maxilla: Three-year results of a randomized clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2018;20(1):9-20.
125. Bolle C, Felice P, Barausse C, Pistilli V, Trullenque-Eriksson A, Esposito M. 4 mm long vs longer implants in augmented bone in posterior atrophic jaws: 1-year post-loading results from a multicentre randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol*. 2018;11(1):31-47.
126. Thoma DS, Haas R, Sporniak-Tutak K, Garcia A, Taylor TD, Hammerle CHF. Randomized controlled multicentre study comparing short dental implants (6 mm) versus longer dental implants (11-15 mm) in combination with sinus floor elevation procedures: 5-Year data. *J Clin Periodontol*. 2018;45(12):1465-74.
127. Gulje FL, Raghoobar GM, Vissink A, Meijer HJA. Single crowns in the resorbed posterior maxilla supported by either 11-mm implants combined with sinus floor elevation or 6-mm implants: A 5-year randomised controlled trial. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2019;12(3):315-26.
128. Zhang XM, Shi JY, Gu YX, Qiao SC, Mo JJ, Lai HC. Clinical Investigation and Patient Satisfaction of Short Implants Versus Longer Implants with Osteotome Sinus Floor Elevation in Atrophic Posterior Maxillae: A Pilot Randomized Trial. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2017;19(1):161-6.
129. Rossi F, Tuci L, Ferraioli L, Ricci E, Suerica A, Botticelli D, et al. Two-Year Follow-Up of 4-mm-Long Implants Used as Distal Support of Full-Arch FDPs Compared to 10-mm Implants Installed after Sinus Floor Elevation. A Randomized Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7).
130. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg*. 1981;10(6):387-416.
131. Lang NP, Berglundh T, Heitz-Mayfield LJ, Pjetursson BE, Salvi GE, Sanz M. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding implant survival and complications. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004;19 Suppl:150-4.
132. Karthik K, Sivakumar, Sivaraj, Thangaswamy V. Evaluation of implant success: A review of past and present concepts. *J Pharm Bioallied Sci*. 2013;5(Suppl 1):S117-9.
133. Gerhardt T. Implantation von enossalen Bone-Lock-Implantaten bei zahnlosen und teilbezahnten Patienten. Langzeituntersuchungsergebnisse über einen 10-jährigen Studienverlauf. Würzburg: Julius-Maximilians-Universität Würzburg; 2009.
134. Mombelli A, van Oosten MA, Schurch E, Jr., Land NP. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol*. 1987;2(4):145-51.
135. Todescan S, Lavigne S, Kelekis-Cholakakis A. Guidance for the maintenance care of dental implants: clinical review. *J Can Dent Assoc*. 2012;78:c107.
136. Lange DE, Plagmann H-C, Eenboom A, Promesberger A. Klinische Bewertungsverfahren zur Objektivierung der Mundhygiene. *Dtsch zahnärztl Z*. 1977;1977(32):44-7.

137. Giulini N, Hölscher W, Schwiertz A, Schwarz F, Lorenz J, Sader R. Prospektive Studie zum Langzeitverhalten von Keramikimplantaten: Mikrobiologische Ergebnisse und Patientenzufriedenheit. *Implantologie Journal*. 2019;23(7/8):10-22.
138. Jepsen S, Ruhling A, Jepsen K, Ohlenbusch B, Albers HK. Progressive peri-implantitis. Incidence and prediction of peri-implant attachment loss. *Clin Oral Implants Res*. 1996;7(2):133-42.
139. Luterbacher S, Mayfield L, Bragger U, Lang NP. Diagnostic characteristics of clinical and microbiological tests for monitoring periodontal and peri-implant mucosal tissue conditions during supportive periodontal therapy (SPT). *Clin Oral Implants Res*. 2000;11(6):521-9.
140. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D, Dekeyser C, Callens A. Periodontal aspects of osseointegrated fixtures supporting a partial bridge. An up to 6-years retrospective study. *J Clin Periodontol*. 1992;19(2):118-26.
141. Quirynen M, van Steenberghe D, Jacobs R, Schotte A, Darius P. The reliability of pocket probing around screw-type implants. *Clin Oral Implants Res*. 1991;2(4):186-92.
142. Lang NP, Wetzel AC, Stich H, Caffesse RG. Histologic probe penetration in healthy and inflamed peri-implant tissues. *Clin Oral Implants Res*. 1994;5(4):191-201.
143. Schou S, Holmstrup P, Stoltze K, Hjorting-Hansen E, Kornman KS. Ligature-induced marginal inflammation around osseointegrated implants and ankylosed teeth. *Clin Oral Implants Res*. 1993;4(1):12-22.
144. Kuhl S, Zurcher S, Zitzmann NU, Filippi A, Payer M, Dagassan-Berndt D. Detection of peri-implant bone defects with different radiographic techniques - a human cadaver study. *Clin Oral Implants Res*. 2016;27(5):529-34.
145. Schulze RK, Berndt D, d'Hoedt B. On cone-beam computed tomography artifacts induced by titanium implants. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(1):100-7.
146. Schnelle C. Vergleich der Strahlenexposition bei der Digitalen-Volumen-Tomographie, der Panoramaschichtaufnahme und der Computertomographie. Düsseldorf: Heinrich Heine Universität Düsseldorf; 2001.
147. Fuhrmann A. Zahnärztliche Radiologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2013. 126-8 p.
148. Akesson L. Panoramic radiography in the assessment of the marginal bone level. *Swed Dent J Suppl*. 1991;78:1-129.
149. Kullman L, Al-Asfour A, Zetterqvist L, Andersson L. Comparison of radiographic bone height assessments in panoramic and intraoral radiographs of implant patients. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007;22(1):96-100.
150. Gomez-Roman G, d'Hoedt B, Axmann D, Schulte W. Visual-metric measurement of peri-implant bone defects on radiographs. *Z Zahnärztl Implantol*. 1996;1996(12):104-9.
151. Fuhrmann A. Zahnärztliche Radiologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2013. 189 p.
152. Gomez-Roman G, Schröer A, Schäfer I, Möws K, Hilliges A. Die Vermessung periimplantärer Knochendefekte auf Röntgenaufnahmen mit Hilfe der digitalen Bildbearbeitung. *Z Zahnärztl Implantol*. 1999;1999(15):133-8.
153. Anagnostopoulos F. Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research: Springer Netherlands; 2014 [23.08.2021]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/286688296> Oral Health Impact Profile.
154. Slade GD, Spencer AJ. Development and evaluation of the Oral Health Impact Profile. *Community Dent Health*. 1994;11(1):3-11.
155. Mundt T, Schwahn C, Stark T, Biffar R. Clinical response of edentulous people treated with mini dental implants in nine dental practices. *Gerodontology*. 2015;32(3):179-87.

156. Wostmann B, Simon T, Neuhauser-Berthold M, Rehmann P. Pilot Study on the Influence of Nutritional Counselling and Implant Therapy on the Nutritional Status in Dentally Compromised Patients. *PLoS One*. 2016;11(1):e0147193.
157. Kovacic I, Persic S, Kranjcic J, Lesic N, Celebic A. Rehabilitation of an Extremely Resorbed Edentulous Mandible by Short and Narrow Dental Implants. *Case Rep Dent*. 2018;2018:7597851.
158. Reich W, Schweyen R, Hey J, Otto S, Eckert AW. Clinical Performance of Short Expandable Dental Implants for Oral Rehabilitation in Highly Atrophic Alveolar Bone: 3-year Results of a Prospective Single-Center Cohort Study. *Medicina (Kaunas)*. 2020;56(7).
159. Ayna M, Wessing B, Gutwald R, Neff A, Ziebart T, Acil Y, et al. A 5-year prospective clinical trial on short implants (6 mm) for single tooth replacement in the posterior maxilla: immediate versus delayed loading. *Odontology*. 2019;107(2):244-53.
160. Hentschel A, Herrmann J, Glauche I, Vollmer A, Schlegel KA, Lutz R. Survival and patient satisfaction of short implants during the first 2 years of function: a retrospective cohort study with 694 implants in 416 patients. *Clin Oral Implants Res*. 2016;27(5):591-6.
161. Slade GD. Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dent Oral Epidemiol*. 1997;25(4):284-90.
162. John MT, Micheelis W, Biffar R. Normwerte mundgesundheitsbezogener Lebensqualität für Kurzversionen des Oral Health Impact Profile. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2004;114(8):784-91.
163. John MT, Hujoel P, Miglioretti DL, LeResche L, Koepsell TD, Micheelis W. Dimensions of oral-health-related quality of life. *J Dent Res*. 2004;83(12):956-60.
164. Schiegnitz E, Kämmerer PW. Systemische Erkrankungen als Risiko für die Implantattherapie: Eine Übersicht. *Implantologie (Quintessenz)*. 2012;63(2):1-6.
165. Schiegnitz E, Kammerer PW, Hellwich P, König J, Sagheb K, Al-Nawas B. Treatment concepts of horizontally deficient ridges-A retrospective study comparing narrow-diameter implants in pristine bone with standard-diameter implants in augmented bone. *Clin Oral Implants Res*. 2021;32(10):1159-67.
166. Adler L, Buhlin K, Jansson L. Survival and complications: A 9- to 15-year retrospective follow-up of dental implant therapy. *J Oral Rehabil*. 2020;47(1):67-77.
167. Kim JY, Choi H, Park JH, Jung HD, Jung YS. Effects of anti-resorptive drugs on implant survival and peri-implantitis in patients with existing osseointegrated dental implants: a retrospective cohort study. *Osteoporos Int*. 2020;31(9):1749-58.
168. Kaplan EL, Meier P. Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association*. 1958;53(282):457-81.
169. Bender R. Introduction to the use of regression models in epidemiology. *Methods Mol Biol*. 2009;471:179-95.
170. Katz MH. Multivariable analysis: a primer for readers of medical research. *Ann Intern Med*. 2003;138(8):644-50.
171. Zahnimplantate sind für Patienten zunehmend erste Wahl: 1,3 Millionen werden in Deutschland pro Jahr gesetzt [press release]. Wiesbaden: Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich e.V., 30.11.2018 2018.
172. Pieri F, Caselli E, Forlivesi C, Corinaldesi G. Rehabilitation of the Atrophic Posterior Maxilla Using Splinted Short Implants or Sinus Augmentation with Standard-Length Implants: A Retrospective Cohort Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016;31(5):1179-88.
173. Jeffcoat MK. Safety of oral bisphosphonates: controlled studies on alveolar bone. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006;21(3):349-53.

174. Grant BT, Amenedo C, Freeman K, Kraut RA. Outcomes of placing dental implants in patients taking oral bisphosphonates: a review of 115 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66(2):223-30.
175. Bell BM, Bell RE. Oral bisphosphonates and dental implants: a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66(5):1022-4.
176. Kasai T, Pogrel MA, Hossaini M. The prognosis for dental implants placed in patients taking oral bisphosphonates. *J Calif Dent Assoc.* 2009;37(1):39-42.
177. Chadha GK, Ahmadiéh A, Kumar S, Sedghizadeh PP. Osseointegration of dental implants and osteonecrosis of the jaw in patients treated with bisphosphonate therapy: a systematic review. *J Oral Implantol.* 2013;39(4):510-20.
178. e.V AdWMF. Zahnimplantate bei medikamentöser Behandlung mit Knochenantiresorptiva (inkl. Bisphosphonate) 2016.
179. Korfage A, Schoen PJ, Raghoobar GM, Roodenburg JL, Vissink A, Reintsema H. Benefits of dental implants installed during ablative tumour surgery in oral cancer patients: a prospective 5-year clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(9):971-9.
180. Ihde S, Kopp S, Gundlach K, Konstantinovic VS. Effects of radiation therapy on craniofacial and dental implants: a review of the literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(1):56-65.
181. Verdonck HW, Meijer GJ, Laurin T, Nieman FH, Stoll C, Riediger D, et al. Implant stability during osseointegration in irradiated and non-irradiated minipig alveolar bone: an experimental study. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19(2):201-6.
182. e.V AdWMF, Deutsche Gesellschaft für Mund- K-uG. Implantat-Versorgung zur oralen Rehabilitation im Zusammenhang mit Kopf-Hals- Bestrahlung. AWMF online; 2015.
183. Al-Nawas B, Grötz KA. Implantatgetragene Rehabilitation im Zusammenhang mit Kopf-Hals-Strahlentherapie. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift.* 2011;66(11):818-26.
184. Cannizzaro G, Felice P, Minciarelli AF, Leone M, Viola P, Esposito M. Early implant loading in the atrophic posterior maxilla: 1-stage lateral versus crestal sinus lift and 8 mm hydroxyapatite-coated implants. A 5-year randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol.* 2013;6(1):13-25.
185. Wylezalek M. Numerische Untersuchungen der Spaltbildung und Mikrobewegung zwischen Implantat und Abutment an verschiedenen Interface-Geometrien [Doctoral Thesis]. Bonn: Universität Bonn; 2020.
186. Atieh MA, Ibrahim HM, Atieh AH. Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol.* 2010;81(10):1350-66.
187. Al-Nawas B, Kammerer PW, Morbach T, Ladwein C, Wegener J, Wagner W. Ten-year retrospective follow-up study of the TiOblast dental implant. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14(1):127-34.
188. Gerber C, Hardt N, von Arx T. ["Esthetic plus"-ITI-implants (TPS): a prospective clinical study]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2003;113(1):12-9.
189. Serino G, Turri A, Lang NP. Probing at implants with peri-implantitis and its relation to clinical peri-implant bone loss. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(1):91-5.
190. Lang NP, Berglundh T, Working Group 4 of Seventh European Workshop on P. Periimplant diseases: where are we now?--Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol.* 2011;38 Suppl 11:178-81.
191. de Medeiros F, Kudo GAH, Leme BG, Saraiva PP, Verri FR, Honorio HM, et al. Dental implants in patients with osteoporosis: a systematic review with meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018;47(4):480-91.

192. Naujokat H, Kunzendorf B, Wiltfang J. Dental implants and diabetes mellitus-a systematic review. *Int J Implant Dent.* 2016;2(1):5.
193. Moraschini V, Barboza ES, Peixoto GA. The impact of diabetes on dental implant failure: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016;45(10):1237-45.
194. Olson JW, Shernoff AF, Tarlow JL, Colwell JA, Scheetz JP, Bingham SF. Dental endosseous implant assessments in a type 2 diabetic population: a prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000;15(6):811-8.
195. Zhou Y, Gao J, Luo L, Wang Y. Does Bruxism Contribute to Dental Implant Failure? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016;18(2):410-20.
196. Manfredini D, Poggio CE, Lobbezoo F. Is bruxism a risk factor for dental implants? A systematic review of the literature. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014;16(3):460-9.
197. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Bruxism and Dental Implants: A Meta-Analysis. *Implant Dent.* 2015;24(5):505-16.

8 Anhang

8.1 Selbsterstellter Fragebogen

Aufkleber Anmeldung/ Patientenummer



Persönliche Angaben

Name, Vorname:

Geburtsdatum:






Rauchen Sie? Wenn ja, wie lange schon und wie viele Päckchen am Tag?

Allgemeinerkrankungen		
	Ja	Nein
Diabetes <i>Wenn ja, welcher HbA_{1c}?</i>		
Osteoporose		
Bestrahlung <i>Wenn ja, seit wann?</i> <i>Wenn ja, welche Energiedosis (Gy) und wo?</i>		
Nehmen sie regelmäßig Medikamente ein? (z.B. Immunsuppressiva, Kortison, Zytostatika, ...) <i>Wenn ja, welche?</i>		
Haben sie Allergien? <i>Wenn ja, welche?</i>		
Sind bei Ihnen Infektionskrankheiten bekannt? (z.B. HIV, Hepatitis, Tuberkulose, etc.)		






Implantatbezogene Fragen

Waren Sie Regelmäßig bei einer Nachuntersuchung/-kontrolle? Wenn ja, in welchen zeitlichen Abständen?






Wie zufrieden sind Sie mit Ihrem Implantat/ Ihren Implantaten?

				
Sehr zufrieden	Zufrieden	Neutral	Unzufrieden	Sehr unzufrieden






Wie zufrieden waren Sie mit der Operation?

				
Sehr zufrieden	Zufrieden	Neutral	Unzufrieden	Sehr unzufrieden

Wie zufrieden waren Sie mit der prothetischen Versorgung?

				
Sehr zufrieden	Zufrieden	Neutral	Unzufrieden	Sehr unzufrieden

Wie bewerten Sie Ihre Mundhygiene?

				
Sehr gut	Gut	Ausreichend	Mangelhaft	Ungenügend

Wie viele Implantate wurden bei Ihnen implantiert? Wie viele davon haben Sie nicht mehr?

Knirschen Sie? Bzw. wie stark belasten Sie Ihr Implantat?

Datum, Unterschrift des Patienten

8.2 OHIP-G 14 Fragebogen

OHIP-G 14**– Fragebogen zur mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität –**

Bitte prüfen Sie für jede der folgenden Aussagen, wie sehr die beschriebene Situation für Sie persönlich zutrifft. Kreuzen Sie bitte für jede Aussage eine Zahl an.

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?	4	3	2	1	0
das Gefühl, Ihr Geschmackssinn war beeinträchtigt?	4	3	2	1	0
den Eindruck, dass Ihr Leben ganz allgemein weniger zufriedenstellend war?	4	3	2	1	0
Schwierigkeiten zu entspannen?	4	3	2	1	0

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?	4	3	2	1	0
dass Sie Ihre Mahlzeiten unterbrechen mussten?	4	3	2	1	0
dass es Ihnen unangenehm war, bestimmte Nahrungsmittel zu essen?	4	3	2	1	0
dass Sie anderen Menschen gegenüber eher reizbar gewesen sind?	4	3	2	1	0
dass es Ihnen schwergefallen ist, Ihren alltäglichen Beschäftigungen nachzugehen?	4	3	2	1	0
dass Sie vollkommen unfähig waren, etwas zu tun?	4	3	2	1	0
dass Sie sich ein wenig verlegen gefühlt haben?	4	3	2	1	0
dass Ihre Ernährung unbefriedigend gewesen ist?	4	3	2	1	0

Hatten Sie im vergangenen Monat ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
Schmerzen im Mundbereich?	4	3	2	1	0
ein Gefühl der Unsicherheit in Zusammenhang mit Ihren Zähnen, Ihrem Mund oder Ihrem Zahnersatz?	4	3	2	1	0

Vielen Dank!

9 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich dem Leiter der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – plastische Operationen - der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz für die Überlassung des Themas danken.

Mein außerordentlicher Dank gilt für die intensive Betreuung und Unterstützung dieser Arbeit. Seine mannigfaltigen Ideen und konstruktiven Anmerkungen formten diese Arbeit. Dabei fand er immer Zeit aufkommende Fragen zu beantworten.

Auch den Mitarbeitern der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsmedizin Mainz, welche bei der Organisation der Nachuntersuchung der Patienten geholfen haben, sei gedankt.

Ein weiter Dank gilt den Patienten, welche sich die Zeit nahmen und den Weg in die Zahnklinik auf sich nahmen um an der klinischen Nachuntersuchung teilzunehmen.

Bei vom Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik der Universitätsmedizin Mainz bedanke ich mich recht herzlich für die statistische Beratung. Er wurde niemals müde, mir alle Aspekte der Confounding Variables zu erklären.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, welche mir das Studium ermöglicht und mich stets bestmöglich unterstützt und gefördert haben.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinem Freund für die Unterstützung, Anregungen und Geduld während schwierigen Phasen des Studiums und dieser Arbeit.