

ELLA MARIA SCHAPER

Erfolg enossaler Implantate bei Patienten mit dentaler Aplasie



INAUGURALDISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique 
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei den Autoren dieses Werkes.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung der Autoren oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2019

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Authors or the Publisher.

1st Edition 2019

© 2019 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFBENBERGRING 15, 35396 GIESSEN, GERMANY
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Erfolg enossaler Implantate bei Patienten mit dentaler Aplasie

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Schaper, Ella Maria
aus Freiburg im Breisgau

Gießen 2018

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. Hans-Peter Howaldt,
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Dr. Hans-Peter Howaldt

Gutachter: Prof. Dr. Peter Rehmann

Tag der Disputation: 20.03.2019

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung dieser Arbeit	3
3	Literaturübersicht	4
3.1	Definition des Begriffes Nichtanlage von Zähnen.....	4
3.2	Erklärungen für das Entstehen einer Nichtanlage.....	5
3.2.1	Nichtanlage syndromalen Ursprungs.....	5
3.2.2	Nichtanlage nonsyndromalen Ursprungs.....	7
3.3	Behandlungsmöglichkeiten bei Nichtanlage.....	7
3.3.1	Lückenöffnung	7
3.3.2	Lückenschluss	9
3.3.3	Autotransplantation	10
3.3.4	Versorgung mit einer Prothese.....	10
3.4	Dentale Implantate	10
3.4.1	Osseointegration.....	11
3.4.2	Material, Oberflächenbeschaffenheit und Design von Implantaten	12
3.4.3	Erfolgskriterien von dentalen Implantaten	13
3.4.4	Ursachen eines Implantatverlustes	16
3.4.5	Periimplantitis.....	17
3.5	Beurteilung von Knochenlager, Knochenangebot und Augmentation.....	20
3.5.1	Knochenvolumen bei Nichtanlage	20
3.5.2	Knochenangebot.....	22
3.5.3	Augmentation des Kieferknochens	27
3.6	Stand der Forschung	28
4	Material und Methode	31
4.1	Patienten	31
4.1.1	Ein- und Ausschlusskriterien	31
4.1.2	Rekrutierung der Patienten	32
4.1.3	Dauer der Studie	32

Inhaltsverzeichnis

4.2	Studiendesign.....	32
4.3	Erfasste Variablen	32
4.3.1	Erfolgskriterien nach Buser (1990).....	33
4.3.2	Erfolgskriterien nach Albrektsson (1986).....	33
4.3.3	Klinische Parameter	34
4.3.4	Radiologische Parameter	36
4.3.5	Patientenbezogene Parameter.....	37
4.4	Untersuchungsvorgehen.....	38
4.4.1	Fragebögen.....	38
4.4.2	Klinische Untersuchung.....	38
4.4.3	Radiologische Untersuchung	38
4.5	Störgrößen	40
4.5.1	Rauchverhalten der Patienten.....	40
4.5.2	Untersuchende/Kalibrierung.....	40
4.6	Ethik und Datenschutz.....	41
4.6.1	Ethik.....	41
4.6.2	Datenschutz.....	41
4.7	Statistische Analyse	41
5	Ergebnisse	43
5.1	Überblick	43
5.2	Patientenübersicht.....	43
5.2.1	Vorstellung eines Patientenfalls mit dentaler Aplasie	43
5.2.2	Patienten Drop-out.....	49
5.2.3	Geschlechterverteilung	50
5.2.4	Alter der Patienten	50
5.2.5	Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation	51
5.2.6	Allgemeinzustand und Rauchverhalten der Patienten	52
5.2.7	Kieferkammaugmentation	53
5.3	Auswertung der Implantate (Implantatübersicht).....	54

Inhaltsverzeichnis

5.3.1	Implantatposition	55
5.3.2	Implantatsystem	56
5.3.3	Zeitspanne zwischen Implantation und Nachuntersuchung	57
5.3.4	Überlebensrate zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	58
5.3.5	Prothetische Versorgungsart	60
5.4	Auswertung der klinischen Parameter	61
5.5	Patientenbezogene Parameter	64
5.5.1	Allgemeine Zufriedenheit	65
5.5.2	Kaufunktion	66
5.5.3	Sprechvermögen	67
5.5.4	Ästhetik	68
5.5.5	mechanische Plaqueentfernung (häusliche Zahnpflege)	69
5.5.6	Professionelle Zahnreinigung	69
5.5.7	Beurteilung eines besseren Lebensgefühls durch die Implantation	70
5.5.8	Parameter bezogen auf eine Nichtanlage	71
5.6	Implantaterfolgskriterien nach <i>Buser</i>	73
5.7	Implantaterfolgskriterien nach <i>Albrektsson</i>	76
6	Diskussion	79
6.1	Material- und Methodendiskussion	79
6.1.1	Patientengut	79
6.1.2	Methodendiskussion	81
6.2	Ergebnisdiskussion	83
6.2.1	Implantatposition	83
6.2.2	Mögliche Ursachen einer Nichtanlage	83
6.2.3	Überlebensrate und Erfolgskriterien	84
6.2.4	Klinische Parameter	88
6.2.5	Patientenzufriedenheit	90
6.3	Schlussfolgerung	91
7	Zusammenfassung	92

8	Summary	94
9	Abkürzungs-, Abbildungs-, Tabellenverzeichnis	95
9.1	Abkürzungsverzeichnis	95
9.2	Abbildungsverzeichnis	96
9.3	Tabellenverzeichnis	97
10	Literaturverzeichnis	98
11	Anhang	112
11.1	Anlage 1 - Patientenanschreiben	112
11.2	Anlage 2 - Patientenaufklärungsbogen	113
11.3	Anlage 3 - Allgemeiner Fragebogen	119
11.4	Anlage 4 - Spezieller Fragebogen	121
11.5	Anlage 5 - Implantatbefundbogen	123
11.6	Nutzungsgenehmigung von Abbildungen aus Fremdquellen	125
12	Publikationsverzeichnis	126
13	Ehrenwörtliche Erklärung	128
14	Danksagung	129
15	Tabellarischer Lebenslauf	130

1 Einleitung

Im menschlichen Gebiss unterscheidet man zwei Dentitionen. Die erste ist der Durchbruch der Milchzähne (Dentes decidui). Dieser beginnt mit dem sechsten Lebensmonat und ist mit etwa 2,5 Jahren vollständig abgeschlossen. Das Milchgebiss besteht aus insgesamt 20 Zähnen. Daran anschließend folgt die zweite Dentition. Das bleibende Gebiss besteht aus 32 Zähnen (Dentes permanentes), unter Berücksichtigung der dritten Molaren (Weisheitszähne). Mit dem Durchbruch der zweiten Molaren, bei einem Lebensalter von etwa zwölf Jahren, gilt das bleibende Gebiss als komplett, ohne Berücksichtigung der Weisheitszähne⁹⁸.

Bei der Odontogenese ist das äußere Keimblatt beteiligt: das Ektoderm^{98,103}. Im 2. Embryonalmonat entwickelt sich an der Zahnleiste für jeden Milchzahn eine sogenannte Zahnknospe. Durch das Größenwachstum entsteht aus der Zahnknospe über die Zahnkappe die Zahnglocke. Die Form der Zahnglocke entspricht schon der Form des späteren Zahnes. Auf der oralen Seite der Zahnglocke befindet sich ein freier Rand der Zahnleiste, welche die Ersatzzahnleiste für die bleibenden Zähne darstellt^{103,130}.

An der Innenseite der Zahnglocke ist das innere Schmelzepithel. Dort sind die Ameoloblasten lokalisiert, die den Zahnschmelz bilden. In der Glockenhöhle (Zahnpapille), den Ameloblasten gegenüber, befinden sich die Odontoblasten, die das Dentin produzieren. In die Zahnpapille wachsen Blutgefäße und Nervenfasern ein. Aus der Papille entwickelt sich die spätere Zahnpulpa. Um die Zahnpapille und die Zahnglocke herum befindet sich das Zahnsäckchen, aus dem das Parodontium (Zahnhalteapparat) entsteht^{130,98}.

Während der Zahnentwicklung sind Abweichungen der Zahnzahl, der Zahnform, der Zahnstruktur und der Zahngröße möglich. Diese können sowohl im Milchgebiss als auch im bleibenden Gebiss vorliegen¹²⁵.

Bei der Abweichung der Zahnzahl wird zwischen der Zahnüberzahl und der Zahnunterzahl unterschieden¹²⁵. Relevant für diese Studie sind Abweichungen in der Zahnunterzahl:

- Zahnunterzahlen (dentale Aplasie) können unterschiedlich stark ausgeprägt sein, bis hin zur totalen Anodontie, d.h. dem kompletten Fehlen der Zähne. Die Prävalenz bei Nichtanlage wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben, liegt aber zwischen 2-10%. Ebenfalls gibt es Zahnunterzahlen im Milchgebiss¹²⁵.

- Die Zahnüberzahlen (Hyperdontie) können sowohl im Milchgebiss als auch im bleibenden Gebiss vorliegen. Dabei sind im bleibenden Gebiss, im Bereich der oberen Eck- und Schneidezähne, Überzahlen zu finden. Der Prozentsatz der Hyperdontie liegt bei bis zu 5%¹²⁵.

Bei Abweichungen der Zahnform ist der Zapfenzahn zu nennen, was sehr häufig den oberen seitlichen Schneidezahn betrifft¹²⁵. Diese Abweichung der Zahnform kommt häufig im Zusammenhang mit einer Nichtanlage der oberen seitlichen Schneidezähne vor^{35,54}.

Bei Zahnunterzahlen stehen verschiedene Behandlungsmöglichkeiten zur Verfügung, die als Therapie bei Patienten mit dentaler Aplasie in Frage kommen. Neben kieferorthopädischen und zahnunterstützten prothetischen Versorgungen gibt es die Möglichkeit der Insertion dentaler Implantate mit späterer Kronen-, Brücken- oder Teleskopprothesenversorgung.

Diese Arbeit setzt sich mit dem Therapieansatz der Insertion von dentalen Implantaten bei Nichtanlage retrospektiv auseinander und knüpft dabei an die derzeitige vorliegende Studienlage an.

2 Zielsetzung dieser Arbeit

In dieser Arbeit soll retrospektiv der Erfolg von enossalen Implantaten überprüft werden, die bei einer vorhandenen Nichtanlage inseriert wurden. Dabei wird ein Patientenkollektiv des Universitätsklinikums Gießen, Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie (Abteilungsleiter Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt), untersucht.

Für die Erhebung der benötigten Daten werden klinisch und radiologisch relevante Parameter herangezogen, die für die Erfolgsbeurteilung enossaler Implantate von Bedeutung sind. Plaque- und Blutungsindizes sowie Sondierungstiefen sind Bestimmungsmethoden, die für die Beurteilung des periimplantären Weichgewebes erhoben werden.

Die Auswertung des Implanterfolges basiert auf definierten Erfolgskriterien nach *Buser* und *Albrektsson*.

Über individuelle patientenbezogene Informationen werden allgemeine Patientendaten erhoben sowie die Patientenzufriedenheit erfasst.

Es wird folgender Hypothese nachgegangen: Es ist eine Überlebensrate dentaler Implantate bei dentaler Aplasie mit über 95% zu verzeichnen.

3 Literaturübersicht

Dieses Kapitel verfolgt das Ziel, eine Übersicht über die relevante Literatur zu dem Thema dentale Implantate und Nichtanlage zu geben. Des Weiteren wird auch auf das Knochenlager, das Knochenangebot und die Augmentation als Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implantation eingegangen.

3.1 Definition des Begriffes Nichtanlage von Zähnen

Eine Nichtanlage von Zähnen, auch dentale Aplasie genannt, ist eine Zahnanomalie, bei welcher eine Reduzierung der Zahnzahl vorliegt. Die dentale Aplasie gilt als häufigste Zahnanomalie bei Zahnentwicklung^{154,177,116,166}. Ebenfalls findet der Begriff dentale Agenesie für eine Nichtanlage von Zähnen Verwendung⁴⁶.

Es gibt verschiedene Begriffe, die die unterschiedlichen Arten der Nichtanlage beschreiben: Hypodontie, Oligodontie, Anodontie.

Als Hypodontie wird das Fehlen von einem oder mehreren Zähnen bezeichnet^{67,116}. Manche Autoren beschreiben eine Hypodontie auch als das Fehlen von mindestens einem bis maximal fünf Zähnen¹⁵⁶. Die dritten Molaren werden nicht mitbetrachtet⁹⁷.

Von einer Oligodontie spricht man, wenn mindestens sechs Zähne nicht angelegt sind, ohne Berücksichtigung der Weisheitszähne¹⁴¹. Manche Autoren definieren Oligodontie als das Fehlen einiger Zähne¹⁷⁷. Der Begriff „severe Hypodontia“ (ausgeprägte Hypodontie) wird auch mit Oligodontie gleichgestellt¹⁶⁶.

Die partielle Anodontie bezeichnet das komplette Fehlen einer Dentition. Das komplette Fehlen der Zähne in beiden Dentitionen wird als totale Anodontie bezeichnet^{116,138}.

Die Prävalenz einer dentalen Aplasie im Milchgebiss wird von *Kapdan et al.*⁸¹ mit 0,2% angegeben. *Jarvinen et al.*⁷⁷ konnten eine Prävalenz von 0,9% feststellen. *Daugaard-Jensen et al.*⁴⁰ fanden heraus, dass Milchfrontzähne am häufigsten nicht angelegt waren. Auch liegt eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine Nichtanlage im bleibenden Gebiss vor, wenn eine Nichtanlage im Milchgebiss zu finden ist⁴⁰.

Im bleibenden Gebiss wird die Prävalenz für eine Hypodontie mit 2-10%^{56,125} angegeben. Bei einer Studie, durchgeführt an der Zahnklinik Gießen, Abteilung für Kieferorthopädie (Abteilungsleiterin Prof. Dr. S. Ruf), ergab sich der Wert von 9,71% für die Prävalenz einer Hypodontie in Mittelhessen. Die Oligodontie lag bei 0,78%¹³⁸.

In verschiedenen Studien wird eine ungleiche Verteilung der Häufigkeit einer dentalen Aplasie zwischen den Geschlechtern angegeben. Das weibliche Geschlecht zeigt eine

höhere Prävalenz in Bezug auf eine Nichtanlage als das männliche Geschlecht^{113,126,155}. In einer Studie von *Polder et al.*¹²⁶ konnte eine 1,37 mal höhere Prävalenz bei Frauen als bei Männern festgestellt werden. Zusätzlich ermittelten diese Autoren, dass es eine unterschiedliche Verteilung von Nichtanlagen innerhalb der Kontinente gab. In Europa betrug danach die Nichtanlagen bei Frauen 6,3% und bei Männern 4,6%. In Australien lag die Häufigkeit einer dentalen Aplasie bei Frauen bei 7,6% und bei Männern bei 5,5%. Die Verteilung der Nichtanlagen bei den weißen Amerikanern gliederte sich auf in 4,6% bei Frauen und 3,2% bei Männern¹²⁶. Folgende Zähne sind im bleibenden Gebiss am häufigsten nicht angelegt¹²⁵:

1. Unterer zweiter Prämolare mit 1-5%
2. Oberer seitlicher Schneidezahn mit 0,5-3%
3. Oberer zweiter Prämolare mit 1-2,5%
4. Unterer seitlicher Schneidezahn mit ca. 0,5%

Die dritten Molaren (Weisheitszähne) fehlen bei 10-35% der Menschen¹²⁵.

3.2 Erklärungen für das Entstehen einer Nichtanlage

Die Entstehung einer Nichtanlage kann syndromalen Ursprungs oder nicht syndromalen Ursprungs sein (nonsyndromal)^{91,176}.

Zu den Syndromen, assoziiert mit einer dentalen Aplasie, sind die Ektodermale Dysplasie, die Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte, das Rieger-Syndrom sowie das Down-Syndrom zu nennen⁹⁷.

Die Ätiologie einer Nichtanlage ist auch auf genetische Faktoren (nicht-syndromalen Ursprungs) zurückzuführen⁹¹.

3.2.1 Nichtanlage syndromalen Ursprungs

1. Ektodermale Dysplasie (ED)

Die ED ist eine Erbkrankheit, bei welcher es zur Entwicklungsstörung des Ektoderms (des äußeren Keimblattes) kommt. Betroffen sind Haut, Schleimhäute und Hautanhangsgebilde. Ebenso können veränderte Zahnformen vorliegen sowie das Vorhandensein von Hypo-, Oligo- oder sogar Anodontie¹²⁸. Folglich ergibt sich aus der reduzierten Zahnzahl eine Unterentwicklung des Alveolarfortsatzes im Ober- und Unterkiefer¹²⁸.

Es werden zwei Hauptformen der ED unterschieden^{122,128}:

- die hidrotische Form
- die hypohidrotische (anhidrotische) Form

Bei der hidrotischen Form können das weibliche und das männliche Geschlecht gleichermaßen betroffen sein, da diese Form der ED autosomal-dominant vererbt wird. Der Unterschied zur hypohidrotischen Form ist das Vorhandensein der Schweißdrüsen und damit die Fähigkeit der Individuen zu schwitzen¹²⁸.

Das Christ-Siemens-Touraine-Syndrom (entspricht der hypohidrotischen Form der ED) ist die am häufigsten vorliegende Form und wird x-chromosomal vererbt¹²¹. Deshalb ist v.a. das männliche Geschlecht betroffen. Die Häufigkeit liegt bei 1:10000¹²⁸.

Schon im Kleinkindalter ist bei dentaler Nichtanlage eine prothetische Versorgung vonnöten, um die Kaufunktion herzustellen. Außerdem sollen auch psychische Probleme von Kindern durch die Behandlung reduziert werden¹²².

2. Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte (LKG)

Die Häufigkeit einer Nichtanlage bei Patienten mit LKG ist signifikant höher, im Vergleich zu den Patienten, die keine LKG aufweisen^{20,135}. Dabei steigt die Prävalenz einer Hypodontie mit dem Schweregrad der LKG¹³⁴. Die Zähne, die am häufigsten bei Patienten mit LKG fehlen, sind der bleibende zweite obere Schneidezahn in der Spaltregion sowie der zweite obere und zweite untere Prämolare außerhalb der Spaltregion^{132,153,2,152}. Wenn keine Nichtanlage vorliegt, ist meist der zweite obere Schneidezahn auf der Spaltseite in Größe und Form verändert. Der zweite Prämolare kann auch eine verspätete Zahnentwicklung mit verspätetem Zahndurchbruch zeigen^{132,131,133,153}.

Allgemein ist zu sagen, dass Abweichungen von der normalen Form und Größe des seitlichen oberen Schneidezahns (Zapfenzahn oder Mikroodontie) der kontralateralen Seite sowie eine verspätete Entwicklung des zweiten Prämolaren eine milde Form der Hypodontie darstellen^{134,132,153,177}.

3. Down-Syndrom

Patienten mit Down-Syndrom (Trisomie 21) haben eine erhöhte Prävalenz für Hypodontien. Der Literatur ist zu entnehmen, dass bei Down-Syndrom-Patienten 38,6%¹⁰⁷ bis 63%⁹⁵ Nichtanlagen zu finden sind.

4. Rieger-Syndrom

Dieses Syndrom ist charakterisiert durch Hypo- oder Oligodontie, Fehlbildungen der vorderen Augenkammer sowie einer Mittelgesichtshypoplasie. Die Vererbung erfolgt autosomal-dominant. Folgende Zähne sind bei dem Rieger-Syndrom am häufigsten nicht angelegt: Obere Milchinzisiven und die Inzisiven des bleibenden Dentition sowie die oberen Prämolaren⁹¹.

3.2.2 Nichtanlage nonsyndromalen Ursprungs

Eine skandinavische Studie konnte zeigen, „(...) dass Geschwister und Familienangehörige von Nichtanlagen betroffener Patienten in über der Hälfte der Fälle ebenfalls Nichtanlagen aufwiesen“^{69,51,57}.

Isolierte, nonsyndromale Nichtanlagen können unregelmäßig oder genetisch auftreten. Dabei kann die Vererbung der genetischen dentalen Aplasie autosomal-dominant, autosomal-rezessiv oder x-chromosomal erfolgen¹⁷⁷. Zum momentanen Zeitpunkt sind sieben Gene bekannt, die im Zusammenhang mit der Entstehung einer dentalen Nichtanlage verbunden sind: MSX1, PAX9, AXIN2, EDA, EDARADD, NEMO und KRT17¹³⁹.

Bei einer Mutation des MSX1-Gens kommt es zum Fehlen von Prämolaren und dritten Molaren^{178,180}. Wenn sich das PAX9-Gen verändert, sind Nichtanlagen von Molaren zu finden^{161,39}. Bei einer AXIN2-Nonsense-Mutation werden Oligodontien beobachtet⁹⁶. Die Inzisiven fehlen bei einer Veränderung des EDA-Gens⁶³. In der Literatur sind noch folgende Gene aufgelistet, die im Zusammenhang mit Nichtanlagen stehen: EDARADD¹⁷, NEMO⁹⁴ und KRT17⁵².

Der exakte Entstehungsmechanismus einer Nichtanlage ist noch nicht vollkommen geklärt⁶⁹.

3.3 Behandlungsmöglichkeiten bei Nichtanlage

Eine dentale Nichtanlage kann einen jungen Menschen körperlich und emotional schwer beeinträchtigen, v.a. während der Pubertät. Wichtig bei diesen Patienten ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit der zahnärztlichen Fachdisziplinen, um ein optimales Behandlungsergebnis zu erzielen¹¹⁶.

Im Folgenden werden verschiedene Behandlungsmöglichkeiten aufgelistet, die als Therapieform bei Nichtanlagen von Zähnen in Frage kommen.

3.3.1 Lückenöffnung

Bei dem Vorliegen einer Nichtanlage muss sichergestellt werden, dass die Größe der Lücke sowie das Volumen des Alveolarkamms der späteren prothetischen Versorgung entsprechen⁸⁷.

1. Implantatversorgung

Seit 1982 wird die zahnärztliche Implantologie als Therapieform in Deutschland anerkannt. Bei Lückenöffnung gelten dentale Implantate als Restauration der Wahl⁸⁹.

Bis das kraniale Knochenwachstum abgeschlossen und eine Insertion dentaler Implantate möglich ist, kann ein Milchzahn als Platzhalter dienen und so die Lücke offen halten⁸⁷.

Als Nachteil eines Milchzahnerhalts sind die Ankylose sowie die größere mesio-distale Breite des Milchmolaren im Vergleich zum bleibenden Prämolaren zu nennen⁸⁷. Bei einer Aplasie des zweiten unteren Prämolaren und keiner weiteren morphologischen Abweichung in der bleibenden Dentition gilt der Milchzahnerhalt als eine akzeptable, semi-permanente Lösung⁷³, da eine Entfernung des Milchzahnes mit einem Knochenverlust dokumentiert wird⁸⁷. Ein genauer Zeitpunkt für die Milchzahnextraktion mit darauffolgender Insertion dentaler Implantate wird in der Literatur nicht angegeben¹⁵.

Bei einer Nichtanlage der oberen seitlichen Schneidezähne begünstigt der Durchbruch des Eckzahns neben dem mittleren Schneidezahn die Knochensituation, da durch die distale Verschiebung des Eckzahnes in seine übliche Position eine adäquate bukkolinguale Breite des Alveolarkamms erreicht werden kann, was eine Implantation erleichtert. Falls der Eckzahn nicht neben dem bleibenden mittleren Schneidezahn durchbricht, kann eine spätere Knochenaugmentation vonnöten sein^{90,89}.

Es gibt Veröffentlichungen von einzelnen Fallberichten, die dentale Implantate bei Kindern und Jugendlichen inseriert haben¹⁵. Dabei wurden 18 Patienten im Alter von 13-17 Jahren mit Implantaten behandelt. Bei diesen Patienten waren zum Zeitpunkt der Implantation alle vorhandenen bleibenden Zähne durchgebrochen. Als Resultat galt die Insertion dentaler Implantate bei Nichtanlage im jugendlichen Alter als eine gute Therapieoption, sofern die skeletale Entwicklung fast beendet war. Nachteilig ist das Restwachstum in der Postadoleszenzphase und die damit verbundene Infraokklusion des Implantates mit Kronenversorgung^{169,15}. Trotz der Tatsache der Infraposition gibt es Fallberichte, in denen eine frühzeitige Implantation von enossalen Implantaten bei zahnlosen oder auch fast zahnlosen Kiefern durchgeführt wurde³⁰.

2. Brückenversorgung

Generell sind zwei verschiedene Arten der Brückenversorgung zu unterscheiden⁸⁸.

- Adhäsivbrücke

Die Behandlung mittels einer Adhäsivbrücke wird bei Patienten im Wachstum bevorzugt, da eine Implantation nicht möglich ist. Dabei kommt die Klebebrücke als temporäre oder als definitive Versorgung in Frage¹²⁷. Die Brücke wird im Frontzahnbereich über die palatinale Fläche der kariesfreien Nachbarzähne adhäsiv befestigt, um die Lücke zu schließen. Wahlweise kann der Verschluss der Lücke auch

mittels einer einflügeligen Adhäsivbrücke erfolgen⁸⁵. Vorteile einer einflügeligen Adhäsivbrücke verglichen mit einer zweiflügeligen sind die besseren klinischen Ergebnisse. In einer Studie von *Botelho et al.*²¹ überlebten die einflügeligen Brücken ohne Komplikationen, während „die Gesamtüberlebensrate von zweiflügeligen Adhäsivbrücken 50% (...)“⁸⁴ betrug. Bei einer zweiflügeligen Adhäsivbrücke kann es zum unbemerkten Lösen der Retentionsfläche unilateral kommen, was bei einer einflügeligen nicht eintritt. Falls eine Zahnücke sich als sehr breit darstellt, kann mittels einer einflügeligen Brücke ein ästhetisch vorteilhafteres Bild durch die Gestaltung eines Diastemas hergestellt werden⁸⁴.

- Konventionelle Brücke

Eine konventionelle Brücke ist dann indiziert, wenn eine alte festsitzende Restauration erneuert werden muss oder ein Strukturdefizit (z.B. Karies oder Fraktur) vorliegt⁸⁶. Auf Grund der ausladenden Pulpa ist eine Kronenpräparation bei jungen Patienten eine Kontraindikation¹²⁷.

3.3.2 Lückenschluss

„Der Lückenschluss durch eine kieferorthopädische Behandlung ermöglicht es – gegenüber einer prothetischen Lösung –, einen fehlenden Zahn durch einen eigenen „biologisch“ zu ersetzen“⁶⁹.

Bei dem Fehlen der oberen seitlichen Schneidezähne wird der Eckzahn an die Position des oberen seitlichen Schneidezahns gebracht. Es erfolgt eine ästhetische Umgestaltung der Form und Farbe des Eckzahnes⁶⁹.

Bei einer dentalen Aplasie der unteren zweiten Prämolaren wird mittels eines Lückenschlusses durch kieferorthopädische Apparaturen eine stabile Mesialokklusion um eine Prämolarenbreite eingestellt (ohne Ausgleichsextraktion)⁶⁹.

Die Vorteile eines Lückenschlusses sind das Ausbleiben eines chirurgischen Eingriffs (Augmentation, Implantation) sowie eventuelle prothetische Erneuerungen. Natürlich muss jeder einzelne Patientenfall individuell bewertet werden, um ein zufriedenstellendes Behandlungsergebnis zu erreichen⁶⁹.

3.3.3 Autotransplantation

Die Autotransplantation ist ein gut dokumentiertes operatives Prozedere, falls ein Zahn fehlt^{3,38,148}. Dabei wird der Zahn von seiner ursprünglichen Position an die Position des fehlenden Zahnes transplantiert. Der ideale Zeitpunkt für eine Transplantation liegt vor, wenn das Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen ist^{3,124}.

Im Vergleich zu einem dentalen Implantat können bei erfolgreicher Autotransplantation parodontale Fasern ausgebildet werden und der Alveolarknochen mitwachsen^{3,173}. Dadurch kann eine Bewegung durch kieferorthopädische Apparaturen erfolgen¹⁶⁰.

3.3.4 Versorgung mit einer Prothese

Eine alternative Versorgung mit konventionellem Zahnersatz ist möglich.

In einer Literaturübersicht von *Terheyden et al.*¹⁶⁸ (2015) wird die Überlebensrate der Prothesen als Therapie bei Nichtanlage mit nur 60,2% in einem Untersuchungszeitraum von 8,4 Jahren angegeben.

3.4 Dentale Implantate

Die Idee, einen verlorenen Zahn zu ersetzen, existiert schon sehr lange^{123,182} und reicht bis ins 5.-6. Jahrtausend v. Chr. zurück. Im frühen 19. Jahrhundert waren es *Magiolo* und *Jourdan*, zwei Franzosen, die als erstes ein alloplastisches Material, bestehend aus konischem Golddraht, im Unterkiefer verankerten. Der Beginn der modernen Implantologie wird schließlich auf das Jahre 1947 datiert. *Formigini* entwickelte eine Heliokoloidal-Schraube aus dem Material Tantal, die er in den Alveolarknochen einbrachte¹⁸².

Das erfolgreiche Ergebnis einer Implantation ist von einem Zusammenspiel folgender Komponenten abhängig^{5,120}:

- Implantatmaterial
- Oberflächenbeschaffenheit des Implantates
- Implantatdesign
- Knochenqualität
- Knochenangebot
- OP-Technik
- Ruhigstellung

3.4.1 Osseointegration

Die Arbeitsgruppe um *Brånemark* etablierte den Begriff der Osseointegration^{23,123}. Osseointegration beschreibt den strukturellen und funktionellen Verbund zwischen dem lebenden Knochen und der Oberfläche des Implantates^{23,5}. Dabei liegt der Knochen direkt der Implantatoberfläche auf, ohne einen bindegewebigen Übergang¹²⁰. Eine erfolgreiche Osseointegration stellt die Voraussetzung für die Funktionalität eines dentalen Implantates dar.

Die Implantateinheilung kann als eine direkte Knochenanlagerung definiert werden, die an der Oberfläche des Implantates stattfindet. *Schroeder et al.* beschreiben dies als eine sogenannte „funktionelle Ankylose“^{146,147}.

Bei der Knochenheilung wird eine primäre von einer sekundären Knochenheilung unterschieden. Bei der primären Knochenheilung bildet sich als erstes Geflechtknochen, gefolgt von einer Verdichtung in Lamellenknochen. Bei der sekundären Knochenheilung entwickelt sich anfangs Granulationsgewebe. Durch das Einwachsen von Blutgefäßen in den Defekt entsteht ein weichbleibender Kallus, wodurch es dann zur Bildung von Geflechtknochen und folglich von Lamellenknochen kommt⁷⁰.

Die Osseointegration zählt zur Kategorie der primären Knochenheilung. Die Knochenheilung erfolgt nicht zwischen Knochen und Knochen, sondern zwischen der Implantatoberfläche (einem Fremdkörper) und dem umliegenden Knochengewebe. Wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Osseointegration sind, wie bei der primären Knochenheilung, die präzise Passung, die primäre Stabilität und die Ruhigstellung während der Einheilungsphase¹⁴².

Schenk und Buser beschreiben 1998 drei Phasen der Osseointegration. Dabei entsteht in der ersten Phase Geflechtknochen um das Implantat. In der zweiten kommt es zur Bildung von Lamellenknochen (s. Abbildung 1), und in der dritten Phase wird der Knochen den einwirkenden Kräften angepasst (Remodeling)¹⁴².

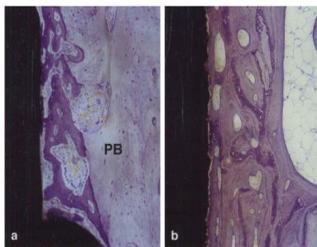


Abbildung 1: Schenk, Buser 1998 – Osseointegration: a reality¹⁴² - Phase 1 und 2 der Osseointegration; PB= vorhandener Knochen; A: Geflechtknochen, B: Geflechtknochen (dunklere Färbung) mit Lamellenknochen.

Für die klinische Beurteilung der Osseointegration werden folgende Parameter herangezogen^{8,120}:

1. Die Lockerung:

Sobald eine Implantatlockerung zu erkennen ist, stellt dies einen Beweis für eine verlorene oder nicht vorhandene Integration dar. Allerdings kann auch eine vorhandene klinische Stabilität nicht direkt auf eine Osseointegration schließen lassen⁸.

2. Die radiologische Beurteilung:

Wird auf dem erstellten Röntgenbild ein direkter Kontakt zwischen der Implantatoberfläche und dem periimplantären Knochen festgestellt, ist dies ein Hinweis auf eine erfolgte Osseointegration. Sobald sich eine kontinuierliche Radioluzenz um das Implantat zeigt, ist von einer Verankerung im Bindegewebe auszugehen. Das Implantat ist nicht osseointegriert⁸.

3. Die Implantatstabilität:

Direkt nach der Insertion muss das Implantat primärstabil sein^{120,182}. Diese primäre Stabilität ist mechanisch. Dabei soll das Eindrehmoment nicht mehr als 20-40Ncm betragen. Die sekundäre Stabilität beschreibt die Anzahl der Kontakte zwischen Knochen und Implantatoberfläche. Diese kommt durch die Knochenregeneration und die Knochenremodellierung zustande. Dabei ist die primäre Stabilität in der Phase der Einheilung Voraussetzung¹⁸².

3.4.2 Material, Oberflächenbeschaffenheit und Design von Implantaten

Neben den oben genannten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Osseointegration spielen noch Material, Oberflächenbeschaffenheit und Design des Implantates eine wichtige Rolle^{5,120}.

Das Implantatmaterial soll bioinert sein, d.h. es darf zu keiner Wechselwirkung zwischen dem inserierten Implantatmaterial und dem umliegenden Gewebe kommen¹⁴². Für dentale Implantate hat sich generell das Metall Titan bewährt. Dabei kann reines Titan verwendet werden oder auch Titanlegierungen¹⁴². Das Implantatmaterial bildet eine Oxidschicht aus^{162,5} (TiO, TiO₂, Ti₂O₃). Durch die Titanoxide kommt es zur Ausbildung chemischer Kontakte zwischen der Implantatoberfläche und dem umliegenden Knochengewebe (Osteoblasten)^{142,5}. Die Korrosionsstabilität des Implantates lässt sich ebenfalls auf die Oxidschicht zurückführen⁵. Neben der Biokompatibilität hat Titan außerdem gute mechanische Eigenschaften¹⁴².

Die Oberflächenbeschaffenheit eines Implantates kann glatt oder rau gestaltet sein. Bevorzugt werden Implantate mit einer rauhen Oberfläche, da diese eine bessere Verankerung im Knochen aufweisen¹⁷⁹, was man anhand von Tierexperimenten beweisen konnte^{183,185}. Durch die raue Oberfläche kommt es zu einer Oberflächenvergrößerung. Es wird angenommen, dass die Knochenablagerung um das Implantat begünstigt wird, und zwar in Form von Proliferation, Differenzierung und vermehrter Proteinsynthese der Osteoblasten^{105,102}. Zu charakterisieren ist die Rauigkeit durch die Form und die Dimension der Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche. Das Maß der mechanischen Arretierung steigt mit der Rauigkeit des Implantates¹⁴².

Für eine erfolgreiche Osseointegration ist auch das Implantatdesign von Bedeutung. Dabei handelt es sich um das Makrodesign des Implantates. Heutzutage werden rotationssymmetrische Implantate mit einem Gewinde verwendet, sogenannte Schraubenimplantate¹⁶².

3.4.3 Erfolgskriterien von dentalen Implantaten

Die Überlebensrate von Implantaten wird zu einem bestimmten Zeitpunkt über den Quotienten von allen sich zum Zeitpunkt in-situ befindenden Implantaten zu allen inserierten Implantaten ermittelt. Ebenfalls findet auch der Begriff „In-Situ-Rate“ Verwendung¹⁷⁰. Hierbei wird nur festgestellt, ob das Implantat verloren gegangen ist oder nicht („Input-Output-Statistik“)¹¹².

Nach Kaplan und Meier wird die Überlebenszeitanalyse ermittelt (Kaplan-Meier-Kurve)⁸². Hiernach wird die Verweilwahrscheinlichkeit von Implantaten auf Grund ihrer Verlustrate über einen definierten Zeitraum beurteilt¹⁸⁴. Dabei „(...) wird die Wahrscheinlichkeit eines Implantatverlustes entsprechend seiner Liegezeit berechnet“¹¹². Deshalb ist diese Analyse aussagekräftiger als die Input-Output-Statistik. Nachteilig ist, dass radiologische, klinische und funktionelle Aspekte nicht berücksichtigt werden¹⁸⁴.

Die Beurteilung von Hart- und Weichgewebe um das Implantat ist für die oben genannten Analysen nicht von Bedeutung. Aus diesem Grund wurden von verschiedenen Autoren sogenannte Erfolgskriterien definiert. Um den Erfolg eines Implantates zu bestimmen, werden klinische Parameter hinzugezogen, die das periimplantäre Gewebe beurteilen¹⁸⁴. Dabei werden alle Implantate in situ betrachtet. Aus den Erfolgskriterien lässt sich dann auf die Erfolgsrate schließen.

1978 wurden erstmals Kriterien für den Implantaterfolg beschrieben, die National Institute of Health (NIH)-Kriterien¹⁴⁵:

- Maximaler Lockerungsgrad von 0-I (weniger als 1 mm Mobilität).
- Der vertikale Knochenabbau beträgt nicht weniger als 1/3 der Implantatlänge.
- Kein Anzeichen einer Infektion. Keine Schädigung der Kieferhöhle, des Canalis mandibularis, des Nasenbodens oder benachbarter Zähne. Kein Auftreten von Parästhesien.

Die Erfolgsrate sollte 75% betragen, bei einem Beobachtungszeitraum von fünf Jahren. Diese Kriterien werden heute nicht mehr als Richtlinien verwendet¹⁷⁰.

1986 publizierten *Albrektsson et al.*⁹ neu definierte Erfolgskriterien:

- Das Implantat soll bei der Untersuchung klinisch fest sein.
- Um das Implantat soll radiologisch keine Transluzenz erkennbar sein.
- Der vertikale Knochenabbau beträgt weniger als 0,2 mm/Jahr nach dem ersten Jahr unter Belastung.
- Es sollen keine Anzeichen von Infektion, Schmerzen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzung des Mandibularkanals vorliegen.

Die Erfolgsrate liegt bei 85% bei einer Beobachtungszeit von fünf Jahren. Bei einer zehnjährigen Beobachtungszeit soll am Ende die Erfolgsrate bei 80% liegen.

*Buser et al.*²⁸ veröffentlichten 1990 weitere Erfolgskriterien:

- Kein andauernder Schmerz, Fremdkörpergefühl oder Dysästhesie
- Keine wiederkehrende eitrige periimplantäre Infektion
- Keine Beweglichkeit des Implantates
- Keine kontinuierliche periimplantäre Radioluzenz
- Möglichkeit einer prothetischen Versorgung (Suprakonstruktion)

Erfolgskriterien nach *Jahn und d'Hoedt* (1992)⁷⁵ – wörtlich zitiert:

- „Die Sulkustiefe mesial, distal, bukkal und oral darf nicht mehr als 4mm bei 2 aufeinander folgenden Kontrollen betragen.
- Die klinische Beweglichkeit darf den Lockerungsgrad I nicht überschreiten.
- Das Implantat darf keinen zweiseitig durchgehenden Spalt mit einer Breite größer als 0,5 mm im Röntgenbild aufweisen.
- Der anguläre Knochendefekt (Mittelwert der mesialen und distalen Messung am Röntgenbild) darf nicht mehr als 3/10 des konstruktiv enossalen Implantatabschnittes betragen.

- Die subjektive Bewertung des Implantates durch den Patienten darf nicht schlechter als 3 sein (deutsches Schulnotensystem).⁴⁷⁵

Bei den *Naert*-Kriterien (1992) und *Snaauwaert*-Kriterien (2000) zählen folgende Punkte als Misserfolg^{111,158}:

- Periotest[®]-Wert $\geq +8$
- periimplantär Radioluzenz
- Auftreten von Schmerzen, Infektion oder Parästhesie auf Grund des Implantates
- Implantatfraktur
- Keine prothetische Versorgung des Implantates

Mittels der Periotest[®]-Werte kann die Mobilität von Implantaten ermittelt werden. Dabei ist allerdings weder ein Aufschluss über den periimplantären Knochenverlust noch eine Aussage über die Osseointegration möglich³⁶.

Allgemein ist zu sagen, dass die oben aufgeführten Kriterien v.a. das periimplantäre Hartgewebe beurteilen. Nicht genau angeführt sind Kriterien, die das Weichgewebe um das Implantat überprüfen. Genau damit beschäftigte sich 2003 die Arbeitsgruppe um *Karoussis et al.*⁸³. Die Erfolgskriterien enthalten folgende Punkte:

- Keine Beweglichkeit des Implantates (*Buser et al.*, 1990)
- Abwesenheit von Schmerz, Fremdkörpergefühl oder Dysästhesie (*Buser et al.*, 1990)
- Sondierungstiefen (ST) nicht >5 mm (*Mombelli & Lang*, 1994¹⁰⁹; *Brägger et al.*, 2001²²)
- Keine ST mit ≥ 5 mm und BoP (*Mombelli & Lang*, 1994¹⁰⁹)
- Abwesenheit einer persistierenden Radioluzenz um das Implantat (*Buser et al.*, 1990)
- Nach dem ersten Jahr unter Belastung soll der vertikale Knochenverlust nicht mehr als 0,2 mm/Jahr betragen (*Albrektsson et al.*, 1986)

Viele Studien, die sich u.a. mit dem Erfolg dentaler Implantate auseinandersetzen, verwenden die Erfolgskriterien nach *Albrektsson* oder *Buser*. Einige Autoren haben für die Beurteilung des Erfolgs allerdings auch eigene Kriterien definiert¹¹⁹.

3.4.4 Ursachen eines Implantatverlustes

Der Erfolg oder Misserfolg der Osseointegration ist multifaktoriell und kann abhängig sein von anatomischen Gegebenheiten, genetischer Disposition, Systemerkrankungen oder vom Immunsystem¹¹⁷.

Es gibt zwei Gründe, weshalb es zu einem Verlust der Osseointegration und damit zum Implantatverlust kommen kann (s. Abbildung 2):

1. gescheiterte Osseointegration (früher Implantatverlust, Primary failure)
2. verlorengegangene Osseointegration (später Implantatverlust, Secondary failure)

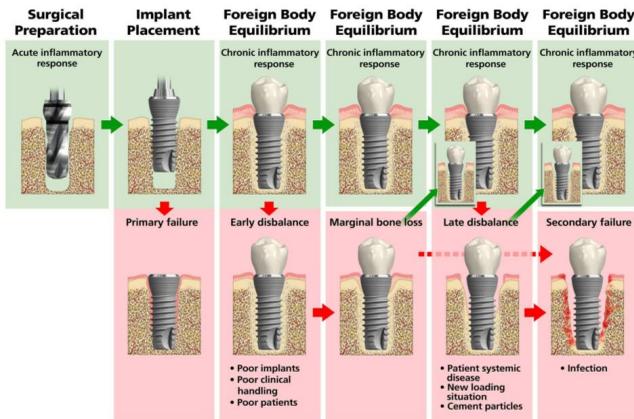


Abbildung 2: Albrektsson, Dahlin et al.⁶ – Zeitliche Abfolge, die bei der Insertion von Implantaten stattfindet:

Eine Fremdkörperreaktion ist unumgänglich. Das erfolgreiche Einheilen eines Implantates kommt durch ein ausgeglichenes Gleichgewicht zwischen dem Fremdkörper und dem umliegenden Gewebe zustande. Wird das Gleichgewicht gestört (durch untaugliche Implantate, schlechte Einheilung des Implantates, Patientenfaktoren, Zementüberreste oder eine neue Belastungssituation), kann es zum marginalen Knochenverlust um das Implantat kommen und es kann verloren gehen.

3.4.4.1 Gescheiterte Osseointegration

Wenn das Implantat in Weichgewebe einwächst, dann ist die Osseointegration gescheitert. Gründe dafür können sein:

- Überhitzung des periimplantären Knochens während des chirurgischen Eingriffes³². Es ist eine konstante Wasserkühlung während der Operation zu empfehlen⁵.
- Zu frühe Belastung des Implantates während der Einheilungsphase. Es wird eine Einheilungsphase von 3-4 Monaten empfohlen^{5,32}.

- Fehlende Primärstabilität⁷⁸.
- Das Eindrehmoment soll über 35 Ncm betragen, um eine Osseointegration bei Sofortbelastung zu erreichen³².
- Schlechte Knochenqualität.
- Falsche Wahl von Implantatlänge und -durchmesser.

3.4.4.2 *Verlust der Osseointegration*

Periimplantäre Infektionen und der damit meist verbundene Knochenabbau können den Verlust der Osseointegration verursachen. Mukositis und Periimplantitis sind die Bezeichnungen einer Entzündung des periimplantären Gewebes, wobei die Mukositis reversibel ist¹⁵⁷. Beide Begriffe werden unter 3.4.5 beschrieben. Weitere Gründe für einen Knochenverlust stellen Überreste von Zement für die Befestigung der Suprakonstruktion dar sowie eine Überbelastung des Implantates³², die okklusal und/oder lateral auf das Implantat einwirken kann⁷². Parafunktionen wie z.B. Bruxismus stellen ebenfalls ein Risikofaktor dar. Es kommen zu hohe und unkontrollierte Belastungen zustande³².

3.4.5 *Periimplantitis*

Eine Periimplantitis gilt als eine Infektion um das Implantat. Im Rahmen des „1st European Workshop on Periodontology“ im Jahre 1993 wurde der Begriff Periimplantitis konkretisiert. Diese Bezeichnung steht für einen destruktiven Entzündungsprozess um ein osseointegriertes Implantat, welches sich in Funktion befindet. Dabei kommt es zur Taschenbildung und zum Knochenabbau^{10,7}.

Die Mukositis stellt die moderate Form der Periimplantitis dar. Es handelt sich ebenfalls um einen entzündlichen Prozess des periimplantären Weichgewebes mit Rötung, Schwellung und Blutung auf Sondierung (Bleeding on Probing, BoP), aber ohne Knochenverlust und Eiterung. Im Unterschied zur Periimplantitis ist die Mukositis reversibel¹⁵⁷.

Die Prävalenz einer Periimplantitis wird in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben und schwankt von 12,9%⁹² über 28% bis hin zu 56%¹⁰¹.

3.4.5.1 *Klinisches Erscheinungsbild und Diagnostik*

Der entzündliche Prozess einer Periimplantitis ist anhand des klinischen Erscheinungsbildes sichtbar. Neben den Anzeichen einer Mukositis (Rötung, Schwellung und BoP) zeichnet sich dieses Erscheinungsbild zusätzlich durch erhöhte

Taschentiefen und/oder Eiterung auf Sondierung aus. Dabei müssen die oben genannten klinischen Merkmale nicht unbedingt klar erkennbar sein. Bei der Periimplantitis kommt es zu einem marginalen Knochenverlust um das Implantat¹⁰¹. Für die Diagnostik ist die Sondierung essentiell. Um das umliegende Gewebe nicht zu beschädigen, sollte ein maximaler Sondierungsdruck von 0,25N angewendet werden¹⁰¹. Dabei sind Taschentiefen von ≥ 4 mm Zeichen des Entzündungsprozesses. Davon zu unterscheiden sind sogenannte Pseudotaschen, die auf Grund von Implantattyp, -form und der Größe der Suprakonstruktion auftreten können¹¹⁰. In den ästhetischen Zonen kann die Distanz von der Interdentalpapille zur Implantatschulter ebenfalls mehr als 4 mm betragen^{50,110}. Hierbei liegt kein entzündlicher Prozess vor, was bei der Diagnose berücksichtigt werden muss.

Der Verlauf einer Periimplantitis ist meistens schmerzfrei.

Der periimplantäre Knochen wird radiologisch bewertet¹⁰¹. Dabei sind kraterförmige Defekte zirkulär um das Implantat erkennbar. Die Destruktion des Knochens kann ohne eine Lockerung des Implantates voranschreiten. Folglich bleibt der entzündliche Prozess unbemerkt. Erst durch die Implantatbeweglichkeit wird der irreversible Entzündungsprozess erkannt, was allerdings den vollständigen Verlust der Osseointegration bedeutet und damit zum Implantatverlust führt¹¹⁰.

Wenn die oben genannten Merkmale jedoch einzeln auftreten, gibt es keine ausreichende Diagnose für eine Periimplantitis¹¹⁰.

Der vertikale Knochenabbau um das Implantat muss nicht unbedingt durch einen entzündlichen Prozess hervorgerufen werden¹¹⁰. Weitere Gründe für eine Knochenresorption sind:

1. die subcrestale Insertion des Implantates⁶²;
2. das zu nahe Platzieren zweier Implantate nebeneinander¹⁶⁷;
3. die Implantatbelastung in den ersten Wochen, sobald das Abutment auf dem Implantat platziert ist;

Die o.g. Kriterien 1-3 können zu einem marginalen Knochenabbau führen, ohne das Vorhandensein einer initialen Periimplantitis¹¹⁰.

Abhängig von der Gestaltung des knöchernen Defektes unterscheiden *Schwarz et al.*¹⁵¹ zwei verschiedene Klassen für den periimplantären Knochendefekt:

- Klasse 1: intraossär
- Klasse 2: supraalveolär

In der Literatur wird der Knochenverlust im ersten Jahr nach Belastung mit $\leq 1,5$ mm beschrieben^{7,1,53,119} und in jedem darauffolgenden Jahr mit $\leq 0,2$ mm^{53,119}.

3.4.5.2 Ätiologie und Risiken

Periimplantitis ist eine polymikrobielle anaerobische Infektion^{31,129}. Begünstigt wird der entzündliche Prozess durch das Vorhandensein von Biofilm¹⁵⁷.

Es konnte bewiesen werden, dass folgende Indikatoren mit Periimplantitis assoziiert sind: schlechte Mundhygiene, positive Familienanamnese, positives Rauchverhalten, Alkoholkonsum und Diabetes mellitus. Diese stellen sogenannte Risikofaktoren für eine Periimplantitis dar¹⁰¹. Des Weiteren begünstigen eine raue Implantatoberfläche, Überreste von Zement (Zementitis) für die Befestigung der Suprakonstruktion sowie das Fehlen von keratinisierter Gingiva um das Implantat das Entstehen einer Periimplantitis¹⁵⁷.

3.4.5.3 Therapie

Man unterscheidet zwei Therapieansätze: konventionell/manuell und chirurgisch¹⁰¹. Ob bei einer Periimplantitis eine konventionelle/mechanische Therapie ausreichend oder eine chirurgische Behandlung vonnöten ist, hängt vom jeweiligen Schweregrad ab (Mukositis, moderate und schwere Periimplantitis)¹⁵⁷.

Für die Behandlung einer Mukositis hat sich die mechanische Bearbeitung der Implantatoberfläche mit speziellen Küretten als effizient erwiesen¹⁵⁷.

Für die Periimplantitistherapie sind beide oben genannten Behandlungsmethoden möglich. Im Rahmen der manuellen Bearbeitung mit Küretten kann es zur Oberflächenverletzung des Implantates kommen. Deshalb wird ein weiches Material als Titan empfohlen, wie z.B. Carbon¹⁵⁷.

Die Behandlung ist ebenfalls mit einem Laser möglich (Er:YAG-Laser)^{101,150,157}.

Die effektive Reinigung der Implantatoberfläche kann durch die Oberflächenbeschaffenheit des Implantates und durch die erhöhten Taschentiefen eingeschränkt sein¹³⁷.

Zeigt die konventionelle/manuelle Therapie keinen Erfolg, findet ein chirurgischer Eingriff statt. Es wird die Implantatoberfläche dargestellt. Die Reinigung der Oberfläche kann unter visueller Kontrolle erfolgen^{157,101}.

Allgemein ist zu sagen, dass die Prävention die beste Therapie darstellt. Vor einer Implantation soll auf die Risikofaktoren wie Tabakkonsum, schlechte Mundhygiene und vorangegangene Parodontitis eingegangen werden¹³⁷.

3.5 Beurteilung von Knochenlager, Knochenangebot und Augmentation

Nach der Extraktion eines bleibenden Zahnes kommt es zum Knochenverlust in dem Bereich des Kieferkamm¹⁸. Wenn eine Nichtanlage bei einem Patienten vorliegt und der Milchzahn nicht als Platzhalter erhalten werden kann, kommt es auch dort zur Atrophie des Knochens^{12,136,18}.

Einzelzahnlücken können mittels dentaler Implantate versorgt werden. Um dabei eine gute Ästhetik und Funktionalität zu erreichen sowie Komplikationen des umliegenden Hart- und Weichgewebes zu minimieren, wird ein bestimmtes Knochenvolumen (Höhe, Breite und Form des Knochens) gefordert. Abhängig vom Implantatdurchmesser (regulär liegt dieser zwischen 3-4 mm) wird eine Alveolarkammbreite von 6-7 mm in mesio-distaler und 5-6 mm in bucco-oraler Richtung benötigt¹⁹, da in mesio-distaler Richtung 1,5 mm Abstand zwischen dem Implantat und den Nachbarzähnen erforderlich und je 1 mm Abstand von der bukkalen und palatinalen Knochenlamelle notwendig sind^{19,27,59}. Wenn Patienten eine reduzierte Höhe des Alveolarkamm aufweisen, sind Knochenaugmentation – und je nach Situation Weichgewebsaugmentationen – vor der Insertion dentaler Implantate durchzuführen^{115,144}.

3.5.1 Knochenvolumen bei Nichtanlage

Die Arbeitsgruppe um *Bertl et al.*¹⁸ analysierte Aufnahmen eines Dental-CTs und beurteilte die Knochenresorption nach Verlust des unteren zweiten Milchmolaren bei Patienten mit Nichtanlage des unteren zweiten Prämolaren (P2).

Das Ergebnis zeigte, dass der Alveolarkamm bei Patienten mit Nichtanlage des unteren P2 ohne Milchzahn in situ 2 mm schmaler war als bei Patienten, bei denen der Milchzahn noch vorlag, oder im Vergleich zu denen, die regulär den bleibenden unteren P2 hatten (s. Abbildung 3)¹⁸.

Es ist zu sagen, dass die Alveolarkammbreite zwischen den Patientengruppen mit dem Milchzahn in situ und denen mit einem bleibenden unteren P2 keinen Unterschied aufwies. Die Anwesenheit des Milchzahnes erhält den bukkalen Knochen, der nach Extraktion resorbieren würde^{18,11}. „Persistierende Milchzähne können, wenn sie nicht ankylosiert sind, den Alveolarfortsatz erhalten und eine spätere prothetische Versorgung erleichtern“¹²⁸.

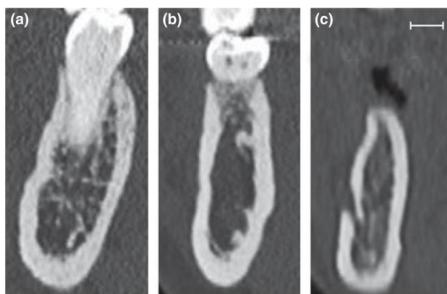


Abbildung 3: Bertl, Bertl et al.¹⁸ - Darstellung des Kieferkammes des unteren P2. (a) regulär durchgebrochener rechter zweiter unterer Prämolare (mittlere Alveolarkammbreite in bucco-oraler Richtung beträgt 10,9 mm); (b) Nichtanlage eines linken zweiten unteren Prämolars mit dem Milchzahn in situ (mittlere Alveolarkammbreite in bucco-oraler Richtung beträgt 9,6 mm) und (c) Nichtanlage eines rechten zweiten unteren Prämolars ohne Milchzahn (mittlere Alveolarkammbreite in bucco-oraler Richtung beträgt 7,4 mm). Die weiße Längenangabe entspricht 5 mm.

In 100% der Fälle aus der Patientengruppe mit Nichtanlage und Milchzahn in situ, die mit einem Implantat versorgt wurden, war keine Knochenaugmentation notwendig. Dementsprechend scheint es sinnvoll, im Falle einer Nichtanlage des unteren P2 zu raten, dass der zweite Milchmolar so lange wie möglich erhalten werden soll, bis der Patient alt genug für die Insertion dentaler Implantate ist¹⁸.

Um den idealen Zeitpunkt der Implantatinsertion nach Milchzahnverlust zu bestimmen, sind weitere Studien vonnöten¹⁸.

Der zweite Milchmolar ankylosiert gelegentlich. Für den Milchzahnerhalt bis zum Zeitpunkt der Implantation sollte eine Ankylose ausgeschlossen werden, da es sonst zum Verlust der Alveolarkammhöhe kommen kann⁸⁹. Um eine Ankylose zu diagnostizieren, wird ein Röntgenbild angefertigt und der Knochen beurteilt. Entspricht das interapproximale Knochenlevel am Milchzahn der Umgebung, ist davon auszugehen, dass der Milchzahn nicht fest mit dem Knochen verwachsen ist. Sind vertikale Einbrüche erkennbar, spricht dies für eine Ankylose. In diesem Fall sollte der Zahn extrahiert werden, um den Defekt nicht zu verschlimmern. Da die Entfernung eines ankylosierten Milchmolars ein kompliziertes Verfahren darstellt und man bei der Extraktion ggf. Knochen entfernen muss, fällt meist die bucco-orale Dimension des Alveolarkammes schmal aus. Für die Insertion eines dentalen Implantates ist häufig eine Augmentation nötig⁸⁹.

In einer ähnlichen Studie von *Bertl et al.*¹⁹ wurde der Knochen in Regio der oberen seitlichen Schneidezähne (I2) mittels Aufnahmen eines Dental-CTs beurteilt (s. Abbildung 4). Es gibt drei Patientengruppen:

- Gruppe 1: Patienten mit Nichtanlage des oberen I2
- Gruppe 2: Patienten, die einen oberen I2 verloren haben (Verlust liegt mindestens 3 Monate vor Anfertigung der Aufnahme)
- Gruppe 3: Kontrollgruppe – der obere I2 ist regulär durchgebrochen

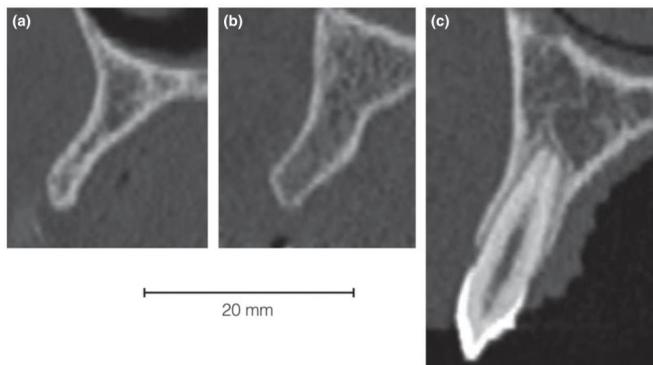


Abbildung 4: Bertl et al.¹⁹ – Darstellung des zahnlosen Kieferkamms des oberen I2 in (a) Gruppe 1, (b) Gruppe 2, (c) Gruppe 3.

Die bucco-palatinal Breite war in Gruppe 1 signifikant reduziert, verglichen mit Gruppe 2 und Gruppe 3. In Gruppe 1 wurde bei einer größer werdenden mesio-distalen Lücke zwischen dem mittleren oberen Schneidezahn und dem Eckzahn eine signifikante Reduzierung des bucco-palatalen Alveolarkamms im koronalen Bereich beobachtet. Das verhinderte die Insertion dentaler Implantate in 60-80% der Fälle in Gruppe 1, trotz der Verwendung kleiner Implantatdurchmesser. Insbesondere eine Lücke von >6 mm in mesio-distaler Dimension wird mit einem dünnen bucco-palatalen Alveolarknochen assoziiert. Das ist relevant bei der Planung dentaler Implantate bei einer Nichtanlage des oberen I2. Für ein optimales ästhetisches und funktionelles Ergebnis werden Hart- und Weichgewebsaugmentationen benötigt¹⁹.

3.5.2 Knochenangebot

Der Unterkiefer (UK) besteht überwiegend aus kompaktem Knochen, während der Oberkiefer (OK) eher spongiosen Knochen enthält. Auf Grund von Zahnverlust kommt es folglich zur Atrophie des Kieferkamms. Dabei handelt es sich um einen chronischen,

progressiven und irreversiblen Prozess¹², der vor allem in den ersten sechs Monaten nach Zahnextraktion stattfindet¹³.

Es wird ein quantitatives von einem qualitativen Knochenangebot unterschieden.

3.5.2.1 Quantitatives Knochenangebot

Der Atrophievorgang des zahnlosen Kieferkammes vom Unterkiefer wurde von *Atwood et al.* beschrieben^{12,13}. Dabei zeigt sich ein Verlust der Höhe des Kieferkammes. Folglich kommt es zur Annäherung an den *Canalis mandibularis*, welcher den *Nervus alveolaris inferior* führt und die Haut des Kinns sensibel versorgt^{13,12}. Für den Oberkiefer dokumentierte *Fallschüssel* 1986 den Verlust des Kieferkammes⁴⁵. Beim komplett resorbierten Oberkiefer besteht im Seitenzahnbereich eine sehr enge Lagebeziehung zur Kieferhöhle. Folglich können Komplikationen durch die Versorgung mittels enossaler Implantate entstehen: im Oberkiefer die Perforation der Kieferhöhle, im Unterkiefer die Verletzung des *Canalis mandibularis* mit dem *Nervus alveolaris inferior*. Deshalb sollte vor dem chirurgischen Eingriff radiologisch die Knochenhöhe ermittelt werden. Die Knochenhöhe ergibt sich aus dem Abstand des Alveolarkammes und den anatomischen Grenzen (Kieferhöhle, *Canalis mandibularis*)¹⁵⁹.

Auf Grund der Knochenresorption im Unterkiefer nach bukkal und im Oberkiefer nach palatinal kommt es zur ungünstigen OK-UK-Relation⁴⁵.

Für die Beurteilung des quantitativen Knochenangebotes gibt es sogenannte „Resorptionsklassen“¹⁵⁹, definiert nach *Lekholm und Zarb* (1985)⁹⁹:

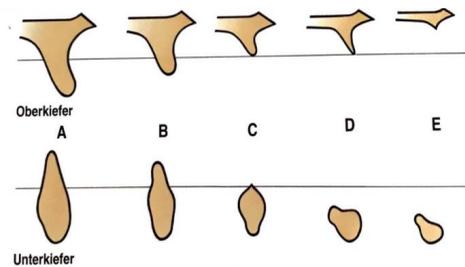


Abbildung 5: Klassifikation der Resorptionsgrade des zahnlosen Kiefers nach Lekholm u. Zarb (1985) – wörtlich zitiert nach Spiekermann¹⁵⁹.

„A: Fast vollständiger Alveolarkamm

B: Geringfügige Resorption des Alveolarkammes

C: Fortgeschrittene Resorption des Alveolarkammes bis zum Basalbogen

D: Beginnende Resorption des Basalbogens

E: Extreme Resorption des Basalbogens“¹⁵⁹

Die Line entspricht der Grenze zwischen Alveolarkamm und Basalbogen

Die hier genannten Resorptionsgrade werden oft mit den folgend aufgelisteten Knochenqualitäten kombiniert.

3.5.2.2 Qualitatives Knochenangebot

Das qualitative Knochenangebot entspricht der Knochenqualität und ist für die erfolgreiche Verankerung dentaler Implantate ein wichtiger Parameter¹⁰⁰. Die Knochenqualität lässt sich über die Dichtigkeit des Knochens bestimmen, welche durch radiologische Analyse „grob eingeschätzt“¹⁵⁹ werden kann. Erst während des chirurgischen Eingriffes ist jedoch eine sichere Aussage über die Knochenqualität möglich¹⁵⁹.

Die Klassifizierung der Knochenqualität erfolgt nach *Lekholm und Zarb (1985)*⁹⁹. Dabei wird das Verhältnis zwischen kortikalem Knochen und der Dichte der Spongiosa dargestellt (s. Abbildung 6):

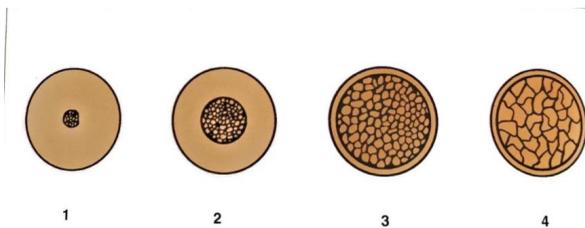


Abbildung 6: Klassifizierung der Knochenqualität nach Lekholm u. Zarb – wörtlich zitiert nach Spiekermann¹⁵⁹:

„Klasse 1: Kiefer besteht fast ausschließlich aus homogener Kompakta

Klasse 2: Breite Kompakta umgibt engmaschige Spongiosa

Klasse 3: Dünne Kortikalis umgibt engmaschige Spongiosa

Klasse 4: Dünne Kortikalis umgibt weitmaschige Spongiosa“¹⁵⁹

Der Unterkiefer besteht aus der Qualitätsklasse 1 und 2 (hohe Knochendichte), der Oberkiefer aus der Knochenqualität Klasse 3 und 4 (geringe Knochendichte). Bei der Insertion enossaler Implantate im Unterkiefer (Qualitätsklasse 1 und 2) muss die Tiefenbohrung mit höheren Umdrehungszahlen, entsprechendem Druck und guter Wasserkühlung erfolgen. Ein Gewindvorschneiden wird empfohlen. Da der Oberkiefer aus spongiösem Knochen besteht (Qualitätsklasse 3 und 4), sollte beim chirurgischen Eingriff vorsichtig und ohne Drucken Anwendung vorgegangen werden, um Perforationen zu vermeiden¹⁵⁹.

Manche Studien zeigen, dass die Knochenqualität des Alveolarkamms eine der wichtigsten Faktoren für eine erfolgreiche Primärstabilität darstellt^{171,106,174}. Aufgrund von vertikalem und horizontalem Knochenabbau sowie der veränderten OK-UK-Relation, bedingt durch die Atrophie nach Zahnverlust und der weitmaschigen Spongiosatrabekel im Oberkiefer, ist die Herstellung der Primärstabilität erschwert. Deshalb gehen viele Autoren von einem erhöhten Implantatverlust in diesem Bereich aus^{65,74,41,49,24,61}. Andere Studien zeigen jedoch, dass kein signifikant erhöhter Implantatverlust im posterioren Bereich der Maxilla vorliegt¹¹⁸.

Eine weitere Klassifikation der Knochenqualitäten erfolgt nach *Misch* (1990)^{108,159}. „Hinsichtlich seines Aufbaus und seines Dichtegefüges zeigt der Alveolarknochen in verschiedenen Kieferregionen zwar unterschiedliche aus implantologischer Sicht jedoch vergleichbare Strukturen“¹⁵⁹. Es ergeben sich folgende Qualitätsklassen:

Tabelle 1: Qualitätsklassen nach *Misch* (1990) – wörtlich zitiert nach Spieckermann¹⁵⁹.

Knochenqualität	D1	D2	D3	D4
Beurteilung				
Kompakta	dichte Kompakta	dichte poröse Kompakta,	dünne, poröse Kompakta,	
Spongiosa		engmaschige Spongiosa	weitmaschige Spongiosa	weitmaschige Spongiosa
Kiefer-lokalisierung	Frontalbereich des atrophierten zahnlosen UK	Front- und Seitenzahn-bereich (Sz) im UK Frontalbereich (oral) im OK	Frontalbereich (fazial) und Sz-Bereich OK, Sz-Bereich UK	Tuberbereich

Die Klassen werden einer bestimmten Kieferregion zugeordnet und die implantologische Wertigkeit wird für die jeweilige Kieferregion beschrieben.

Es ergeben sich „praktisch-klinische Behandlungsabläufe“¹⁵⁹:

Tabelle 2: „(...) Bezugnahme auf Problematiken und praktisch-klinische Behandlungsabläufe aus implantologischer Sicht“ - wörtlich zitiert nach Spieckermann¹⁵⁹.

Klasse	Vorteile	Nachteile
D1	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Primärstabilität • Große Implantat-Knochen-Kontaktfläche • Kurze Implantate möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzierte Blutversorgung (längere Einheilungszeit) • Schwierige Implantatbettpräparation (Überhitzung)
D2	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Primärstabilität • Gute Einheilungstendenz (Blutversorgung) • Einfache Implantatbettpräparation 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine
D3	<ul style="list-style-type: none"> • gute Blutversorgung 	<ul style="list-style-type: none"> • schwierige Implantatbettpräparation • reduzierte Implantat-Knochen-Kontaktfläche (Erhöhung der Implantatzahl)
D4	<ul style="list-style-type: none"> • keine 	<ul style="list-style-type: none"> • schwierige Implantatbettpräparation (Primärstabilität) • reduzierte Implantat-Knochen-Kontaktfläche (Erhöhung der Implantatzahl)

Die Knochenqualität D2 wird von Misch als eine gute Voraussetzung für die Insertion dentaler Implantate angesehen.

Engels⁴⁴ beschrieb 2003 die D-Klassifikation in Hounsfield-Einheiten (HE):

Tabelle 3: Klassifizierung der Knochenqualität in Hounsfield Einheiten (HE) und daraus resultierende Implantateinheilzeiten (Engels 2003) – Zitiert nach Engels⁴⁴.

Knochenqualität	Knochendichte (in HE)	Einheilzeit von Implantaten (in Monaten)
D1	1500	3-4
D2	500	4-5
D3	250	4-6
D4	100	6-9

3.5.3 *Augmentation des Kieferknochens*

Auf Grund der Kieferkamatrophie, beispielsweise nach Zahnextraktion, nach Zahntrauma oder auch bei Nichtanlage mit fehlendem Milchzahn, kommt es zu einem verringerten Knochenangebot¹⁷². Die Versorgung mittels dentaler Implantate wird durch die Gefahr der Verletzung anatomischer Strukturen, wie der Kieferhöhle oder dem Canalis mandibularis, erschwert. Um dennoch ein dentales Implantat zu inserieren, sollte ein Knochenaufbau durchgeführt werden, um die verlorene horizontale und vertikale Dimension des Kieferknochens zu rekonstruieren¹⁷².

3.5.3.1 *Autogenes Knochentransplantat*

Autogenes Transplantat vom Beckenkamm gilt als Goldstandard für die Kieferaugmentation und findet vor allem bei Patienten mit geringem Knochenangebot (geringer Alveolarkamm) Verwendung⁴⁸. Alternativ kann eine intraorale Knochenentnahme aus dem Kieferwinkel erfolgen, um den atrophierten Bereich wieder aufzubauen²⁹. Körpereigener Knochen liefert Eigenschaften, welche für die Knochenbildung von Bedeutung sind: Osteogenese, Osteokonduktion, Osteoinduktion⁴⁸.

1. Transplantat aus dem Beckenkamm

Die Rekonstruktion eines ausgeprägten atrophierten Kiefers mit Beckenkammtransplantaten und die Insertion enossaler Implantate ist eine gängige Technik, um eine langfristige Rehabilitation des Kiefers zu ermöglichen. Der Knochenabbau um ein im Beckenkamm inseriertes Implantat ist vergleichbar mit dem Knochenabbau in nicht augmentierten Knochen. Die Überlebensrate der Implantate liegt bei über 95%⁴⁸.

2. Transplantat aus dem Kieferwinkel

Für die Rekonstruktion kleiner bis mittelgroßer horizontaler Alveolarkammdefekte eignet sich die Entnahme eines Knochenblocks aus dem Unterkieferwinkel als effektive Behandlungsmöglichkeit^{163,140}. Diese Knochentransplante zeigen eine geringe Verlustrate. Vorteile eines intraoralen Knochentransplantates sind die Durchführung der Operation in Lokalanästhesie sowie eine geringe Operationszeit¹⁴⁰. Das chirurgische Prinzip sieht vor, aus dem individuellen horizontalen Knochendefekt eine standardisierte Knochenkavität herzustellen. Dies erfolgt mittels einer Walze mit Durchmessern von 5,5 mm, 6,5 mm oder 7,5 mm. Angepasste Trepan-Bohrer mit entsprechenden Durchmessern (5,5 mm, 6,5 mm oder 7,5 mm) werden für die Entnahme des standardisierten Knochenzylinders auf der Spenderseite verwendet.

Nach der Knochenentnahme erfolgt eine Führungsbohrung mittig oder im apikalen Drittel des Transplantates. Nach der Positionierung des Transplantates wird dieses mittels einer Schraube fixiert. Drei Monate nach Augmentation kann die Entfernung der Schraube sowie die Implantation erfolgen¹⁶³.

Folgende weitere Gebiete sind zu nennen, aus denen autogener Knochen gewonnen werden kann:

- Extraorale Gebiete: Tabula externa der Schädelkalotte⁷⁰, Fibula⁸⁰
- Intraorale Gebiete: Kinnregion⁷⁰, Tuber maxillae⁸⁰

3.5.3.2 Bone Splitting

Bone Splitting ist ein minimalinvasives Verfahren, welches vor allem im Unterkiefer durchgeführt wird. Durch die Spaltung des Kieferknochens wird der Alveolarkamm verbreitert. Dabei soll der Alveolarkamm vor dem operativen Eingriff eine Breite von 3 bis 4 mm aufweisen und eine Höhe von 11 mm^{43,181}. Der entstandene Knochenspalt kann mit autogenen Transplantaten gefüllt werden oder ungefüllt verbleiben. Gefolgt vom Bone Splitting ist die Insertion des dentalen Implantates in derselben Sitzung. Für den Implantaterfolg ist die angestrebte Primärstabilität entscheidend⁴³.

3.6 Stand der Forschung

Eine klinische Ergebniserfassung ist Grundlage für die Beurteilung des Erfolges von Behandlungsvorgängen.

Zu dem Thema dieser Arbeit sind folgende Studien heranzuziehen, die in zeitlicher Abfolge vorgestellt werden. Anschließend sollen die Parameter der hier durchgeführten Studie weitere Erkenntnisse in Bezug auf den Implantaterfolg sichern und darlegen.

In der Arbeitsgruppe um *Finnema et al.*⁴⁷ (2005) wurde in einer retrospektiven Studie die Überlebensrate bei einer oralen Rehabilitation mittels dentaler Implantate bei Oligodontiepatienten erfasst. In der analytischen Auswertung hatte man zwischen einem Implantatverlust im Ober- und Unterkiefer unterschieden. Bei 13 Patienten mit 87 Implantaten erfolgte die Nachuntersuchung, und es konnte eine Überlebensrate von 86% für den Oberkiefer und 96% für den Unterkiefer festgestellt werden⁴⁷.

In einer ersten Metaanalyse von *Yap und Klineberg* aus dem Jahre 2009 wurde darauf hingewiesen, dass es keine ausreichende Dokumentation über die Behandlung

von Patienten mit dentalen Implantaten bei Nichtanlage gab. Die Autoren konnten zunächst zwölf Artikel für ihre Literaturübersicht finden, u.a. die oben erwähnte Studie von *Finnema et al.*⁴⁷ Dabei wurden neben den Patienten mit einer Nichtanlage auch Patienten mit ED eingeschlossen. Die Werte der Überlebensrate, die bei der Literaturübersicht beschrieben wurden, variierten bei den Patienten mit ED zwischen 88,5% und 97,6%, und die Überlebensrate bei den Patienten mit einer dentalen Aplasie lag bei 90% bis 100%¹⁸⁶.

Das Ziel einer niederländischen Studie von *Creton et al.*³⁷ (2010) war die Beurteilung einer Implantatbehandlung bei Patienten mit Nichtanlage. Dabei wurden 44 Patienten mit enossalen Implantaten behandelt. Die Nachuntersuchung erfolgte nach 0,1 bis 18,3 Jahren nach Implantation (Hauptnachuntersuchungszeitraum nach 2,9 Jahren). Die meisten Implantate waren innerhalb des ersten Jahres nach Implantation verloren gegangen. In der Studie konnte eine kumulative Überlebensrate von 89,8% (Standardfehler 2,6%) nach fünf Jahren festgestellt werden. Bei 25 Patienten wurde ein Knochenaufbau durchgeführt, wobei 20,5% ein Knochentransplantat vom anterioren Beckenkamm erhielten. Intraoraler Knochen (Kieferwinkel und/oder Kinnregion) fand bei 9,1% der Patienten Verwendung. Das Resultat der Studie wird als akzeptabel bewertet³⁷.

In einer retrospektiven Studie aus dem Jahre 2014 beurteilten die Autoren das ästhetische Ergebnis von Einzelzahnimplantaten bei Nichtanlage des oberen seitlichen Schneidezahns. Dabei wurden die 20 inserierten Implantate drei Monate und drei Jahre nach prothetischer Versorgung bewertet. Neben einer 100%-igen Überlebensrate der Implantate konnte ein stabiles periimplantäres Knochenlevel dokumentiert werden sowie ein hohes ästhetisches Ergebnis. Bezüglich der Langzeiterfolge sind weitere Nachuntersuchungen notwendig¹⁰⁴.

In einer weiteren Metaanalyse von *Terheyden et al.*¹⁶⁸ aus dem Jahre 2015 wurde neben der Versorgung von Patienten mit dentalen Implantaten bei Nichtanlage auch die Vergleichstherapien analysiert und miteinander verglichen. Diese Literaturübersicht hatte 19 Artikel zum Thema Implantate bei Nichtanlage als Inhalt, darunter auch die oben erwähnte Studie von *Creton et al.*³⁷ (2010). Die Ergebnisse lauten wie folgt: Die Überlebensrate der Implantate lag bei 95,3%. Bei einer Autotransplantation konnte ein Erfolg von 94,4% gezeigt werden. Bei dem Belassen eines Milchzahnes zeigte sich ein positives Behandlungsergebnis von 89,6%. Wenn herkömmliche Prothesen als Therapie Verwendung fanden, lag der Erfolg bei 60,2%. Des Weiteren wurde eine

Verbesserung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität vermerkt: Die Patienten schätzten diese nach der Behandlung besser ein als vor der Behandlung¹⁶⁸.

Insgesamt hatte die Implantatversorgung die besten Ergebnisse geliefert, allerdings nicht bei Kindern unter 13 Jahren. Eine Autotransplantation oder das Belassen eines Milchzahnes wiesen eine geringe jährliche Misserfolgsrate auf. Diese Therapie ist im Kind- und Jugendalter angemessen¹⁶⁸.

Die Arbeitsgruppe um *Hvaring et al.*⁷¹ (2016) untersuchte neben einem kieferorthopädischen Lückenschluss und einer zahnunterstützten prothetischen Versorgung auch dentale Implantate bei Patienten mit ausgeprägter Hypodontie. Dentale Implantate im anterioren Bereich wurden als eine inadäquate Behandlung beurteilt, da es zu einer deutlich hervortretenden Verfärbung der Gingiva durch das durchscheinende Implantatmaterial kommen konnte⁷¹.

Die Arbeitsgruppe um *Allen et al.*¹⁰ (2017) hat Patienten mit Nichtanlage in der anterioren Maxilla untersucht. Vor der Implantatbehandlung erfolgte das Ausfüllen des OHIP-20 (Oral Health Impact Profile), um die mundgesundheitsbezogene Lebensqualität zu dokumentieren. Nach erfolgter Implantation haben die Patienten den OHIP-20 nach 12 und nach 24 Monaten ausgefüllt, und die Werte wurden miteinander verglichen. Es war eine signifikante Verbesserung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität zu vermerken¹⁰.

In einer schottischen Studie aus dem Jahre 2017 wurden 24 von 32 Patienten nachuntersucht. Insgesamt sind 77 Implantate gesetzt worden und bei 63 erfolgte die Nachuntersuchung. Ein Knochenaufbau fand bei 53% der Patienten statt. Bei 18% entnahm man Knochen aus dem Beckenkamm und bei 41% von intraoral (Kieferwinkel). Die Überlebensrate der nachuntersuchten Implantate lag bei 95%. Es wurde kein Knochenverlust von >2 mm dokumentiert. Sondierungstiefen von mehr als 5 mm lagen bei 6% und eine Sondierungsblutung bei 8% vor. Als Resultat werden Überlebensrate und Erfolg der Implantate also hoch bewertet²⁶.

Zusammenfassend ist zu den aufgeführten Studien festzustellen, dass sie sich generell auf die Überlebensrate von Implantaten als wichtigen Parameter konzentrieren. In den meisten oben aufgeführten Studien wird das Weichgewebe nicht bewertet. Der Implantaterfolg wird über selbstdefinierte Parameter oder gar nicht erhoben. Keine der oben aufgeführten Studien beschäftigte sich mit den Erfolgskriterien nach *Buser* und *Albrektsson*.

4 Material und Methode

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise der klinischen und radiologischen Untersuchung beschrieben. Es erfolgen Vorstellung und Erläuterung der in der Studie verwendeten Parameter. Daran schließt sich die statistische Auswertung an.

Die hier vorgestellte Arbeit ist eine klinische, offene, unkontrollierte, retrospektive Studie.

4.1 Patienten

Die Patienten wurden aus dem Patientenverzeichnis des Universitätsklinikums Gießen, Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie (Abteilungsleiter Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt), genommen. Der Zeitraum der Implantation fand zwischen den Jahren 2000-2015 statt. Es handelt sich um ein Patientenkollektiv von insgesamt 43 Patienten, 18 männlichen und 25 weiblichen. Davon wurden 37 nachuntersucht. Die Altersspanne der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation lag zwischen 17 und 44 Jahren.

4.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Vor der klinischen Untersuchung wurde die Tauglichkeit der Patienten überprüft. Dadurch wird versucht, eine annähernde Gleichheit zwischen den Patienten zu erreichen.

4.1.1.1 Einschlusskriterien

Alle zu untersuchenden Patienten wurden mittels dentaler Implantate bei Nichtanlage von Zähnen in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie (Abteilungsleiter Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt), am Universitätsklinikum Gießen, versorgt.

4.1.1.2 Ausschlusskriterien

Bei weiblichen Patienten ist die Schwangerschaft zum Zeitpunkt der Untersuchung ein Ausschlusskriterium, da eine radiologische Untersuchung nicht durchgeführt werden sollte.

Ausgeschlossen werden alle Patienten, die aufgrund ihrer schlechten körperlichen Verfassung nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen können.

Ein weiteres Ausschlusskriterium sind Patienten, bei denen ein direkter Einfluss auf die Osseointegration möglich wäre.

Diese können sein:

- Z.n. Radiatio, Chemotherapie
- Einnahme von Bisphosphonaten
- Tumorerkrankung

4.1.2 Rekrutierung der Patienten

Die Rekrutierung der Patienten erfolgte im November 2015 auf postalischem Weg (s. Abschnitt 11.1, Anlage 1 - Patientenanschreiben). Es wurde darauf hingewiesen, dass die Teilnahme an der Studie im Rahmen der jährlichen Nachuntersuchung stattfinden könne. Diese sei freiwillig, und die Patienten wurden über die Studienhintergründe sowie über den Datenschutz informiert und aufgeklärt (s. Abschnitt 11.2, Anlage 2 - Patientenaufklärungsbogen).

4.1.3 Dauer der Studie

Die Untersuchung fand zwischen Dezember 2015 und Mai 2017 statt. Damit beträgt die Dauer der Studie und die Datenaufnahme 17 Monate.

4.2 Studiendesign

Die Studie ist eine klinische, offene, unkontrollierte, retrospektive Studie. Sie wird in einen klinischen und radiologischen Abschnitt unterteilt. Dabei handelte es sich um Routineuntersuchungen im Rahmen einer Implantatkontrolle. Vor dieser Untersuchung wurden die Patienten aufgeklärt, und es musste eine schriftliche Vereinbarung zur Teilnahme erfolgen. Die klinische Untersuchung wurde immer durch dieselbe Person durchgeführt.

Bei der Studie handelt es sich um eine deskriptive Untersuchung.

4.3 Erfasste Variablen

Die zu untersuchenden Parameter beziehen sich auf die Hauptfragestellung. Dabei steht der Erfolg der Implantate bei Nichtanlage im Vordergrund. Die Auswertung des Implantaterfolges erfolgt nach den Kriterien von *Buser* (1990) sowie von *Albrektsson* (1986).

Über einen Fragebogen werden mögliche Vorerkrankungen, Allergien, regelmäßige Medikamenteneinnahme, Mundhygienemaßnahmen, professionelle Zahnreinigungen und das Rauchverhalten dokumentiert.

Nach jeder Untersuchung folgt die Anfertigung standardisierter intraoraler Fotos. Es werden ein frontales Bild in maximaler Interkuspitation (im Schlussbiss) erstellt sowie eine Aufnahme des Ober- und Unterkiefers. Sofern herausnehmbarer Zahnersatz vorhanden ist, wird jeweils eine Aufnahme mit und ohne Zahnersatz angefertigt.

4.3.1 Erfolgskriterien nach Buser (1990)

In dieser Studie wird der Erfolg dentaler Implantate nach *Buser*²⁸ bestimmt. Diese Kriterien wurden 1990 veröffentlicht und lauten wie folgt:

- Kein andauernder Schmerz, Fremdkörpergefühl oder Dysästhesie
- Keine wiederkehrende eitriger periimplantäre Infektion
- Keine Beweglichkeit des Implantates
- Keine kontinuierliche periimplantäre Radioluzenz
- Möglichkeit einer prothetischen Versorgung (Suprakonstruktion)

Trifft mindestens ein Kriterium nicht zu, wird von einem Misserfolg gesprochen. Explantierte Implantate gelten ebenfalls als Misserfolg.

4.3.2 Erfolgskriterien nach Albrektsson (1986)

Die Auswertung des Implantaterfolges wird auch nach den *Albrektsson*-Kriterien⁹ vorgenommen. Diese lauten:

- Keine Beweglichkeit des Implantates
- Um das Implantat soll radiologisch keine Transluzenz erkennbar sein
- Der vertikale Knochenabbau ist weniger als 0,2 mm/Jahr nach dem ersten Jahr unter Belastung
- Es sollen keine Anzeichen von Infektion, Schmerzen, Parästhesien, oder Verletzung des Mandibularkanals vorliegen

Man spricht von einem Implantaterfolg, wenn alle oben genannten Punkte zutreffen. Trifft mindestens ein Kriterium nicht zu, liegt kein Erfolg des Implantates vor.

Jedes explantierte Implantat, unabhängig von dem Grund der Entfernung, wird auch als Misserfolg betrachtet.

Für die Beurteilung des marginalen Knochenverlustes wird folgendes angenommen: Die periimplantäre Knochenresorption beträgt im ersten Jahr in Funktion des Implantates $\leq 1,5$ mm, und der jährlich darauffolgende Knochenabbau liegt bei $\leq 0,2$ mm/Jahr.

Es ergibt sich folgende Formel:

$$\text{vertikaler Knochenabbau} \leq 1,5 \text{ mm} + (0,2 \text{ mm} * (\text{Jahre} - 1))$$

4.3.3 *Klinische Parameter*

Es werden folgende klinische Parameter erhoben, die für die Beurteilung dentaler Implantate von Bedeutung sind (s. Abschnitt 11.5, Anlage 5 - Implantatbefundbogen):

1. Plaque-Index
2. Sondierungstiefen
3. Blutung auf Sondierung
4. Lockerungsgrad
5. Periotest®
6. Keratinisierte Gingiva
7. Periimplantäre Infektion (Pusaustritt wird dokumentiert)
8. Dokumentation der Erfolgskriterien nach *Buser*

4.3.3.1 *Bestimmungsmethoden*

1. In der klinischen Untersuchung wird der modifizierte Plaque-Index nach Mombelli verwendet¹⁰⁹. Dieser ist spezifisch für die Plaquebeurteilung an Implantaten. Es werden vier Grade mit unterschiedlichen Ausprägungen unterschieden:
 - „Grad 0: keine Plaque durch Inspektion und Sondierung zu erkennen.
 - Grad 1: Ansammlung von Plaque, die nur durch das Sondieren im Sulkus mit einer Sonde, aber nicht mit dem Auge sichtbar ist.
 - Grad 2: sichtbare Plaqueablagerung.
 - Grad 3: massive Plaqueablagerung.“⁶⁴
2. Die Sondierungstiefen an einem dentalen Implantat werden mittels der Click-Probe von Kerr ermittelt⁴. Dabei handelt es sich um eine Kunststoffsonde mit einer Drei-Millimeter-Markierung. Die Messung findet an vier Stellen zirkulär um das Implantat statt – mesial, vestibulär, distal und oral. Im Patientenbogen wird der Abstand in Millimeterschritten angegeben.
Um bei dem Messen der ST immer gleichen Druck auszuüben, klickt die Click-Probe-Sonde, sobald man mehr als 0,2-0,25 N Druck verwendet. Falls es klickt, wird die Messung wiederholt.
Pseudotaschen werden mit einem [*] gekennzeichnet.

3. Parallel zu den Sondierungstiefen wird der Blutungsindex bestimmt. Tritt während der Sondierung eine Blutung auf, wird dies im Patientenbogen mit einem Plus-Zeichen [+] gekennzeichnet.

Die Beweglichkeit des Implantates wird auf der einen Seite manuell und auf der anderen Seite mittels des Periotest®-Gerätes Classic der Medizinfirma Gulden beurteilt:

4. Die manuell gemessene Beweglichkeit erfolgt bidigital oder mittels zweier Instrumente (Rückseite der zahnärztlichen Spiegel). In Anlehnung an die Lockerungsgrade der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie aus dem Jahre 1987, werden folgende vier Grade unterschieden:
 - Grad 0: keine erhöhte Beweglichkeit
 - Grad I: fühlbare oder sichtbare horizontale Beweglichkeit bis 1 mm
 - Grad II: sichtbare Beweglichkeit über 1 mm horizontal
 - Grad III: Bewegung durch Zungen- oder Lippendruck oder in axiale Richtung

Sofern eine Lockerung vorliegt, wird überprüft, ob es sich um eine Lockerung des Abutments handelt oder ob das Implantat selbst eine Mobilität aufweist. Liegt eine Lockerung des Abutments vor, wird diese behoben.

5. Die Messung der Osseointegration dentaler Implantate erfolgt mittels des Periotest®-Gerätes Classic. Der Hersteller gibt eine Skala von -08 bis +50 an. Je kleiner der gemessene Wert, desto besser wird die Osseointegration beurteilt:
 - Werte von -08 bis 00: gute Osseointegration des Implantates im Knochen
 - Werte von +01 bis +09: Es ist eine klinische Überprüfung notwendig, um die Osseointegration zu untersuchen
 - Werte von +10 bis +50: Nicht ausreichende Osseointegration des Implantates im Knochen

Vor jeder Untersuchung am Patienten findet eine Funktionsprüfung des Periotest®-Gerätes mittels der Prüfhülse statt. Dabei muss der Wert auf der Prüfhülse ± 2 betragen. Für die Untersuchung am Patienten wird das Handstück horizontal am Implantat positioniert. Die Dokumentation des entsprechenden Wertes erfolgt erst, nachdem das Periotest®-Gerät Classic einen Wert drei Mal in Folge angezeigt hat.

6. Dokumentiert wird, mit visueller Überprüfung, ob das Implantat von keratinisierter Gingiva umgeben ist. Falls visuell kein eindeutiges Ergebnis vorliegt, wird mittels des zahnärztlichen Spiegels oder bidigital die Wange bzw. Lippe in der Implantatregion bewegt. Wenn bewegliche Schleimhaut die Implantatschulter erreicht, ist keine feste Schleimhaut vorhanden.
 - Ja: keratinisierte Gingiva vorhanden
 - Nein: keratinisierte Gingiva nicht vorhanden

7. Das Vorhandensein einer periimplantären Infektion wird klinisch und radiologisch beurteilt. Dabei sollen folgende Merkmale zeitgleich auftreten (Zeichen einer Periimplantitis):
 - erhöhte Taschentiefen von ≥ 4 mm
 - Blutung auf Sondierung
 - Und/oder Austritt von Pus
 - vertikaler Knochenabbau $> 1,5 \text{ mm} + (0,2 \text{ mm} * (\text{Jahre} - 1))$

Liegen alle vier Merkmale zeitgleich vor, wird dies im Fragebogen mit [Ja] gekennzeichnet. Ein Ausbleiben wird mit [Nein] markiert.

8. Dokumentation der Erfolgskriterien nach *Buser*

Zum Schluss der klinischen Untersuchung werden die Kriterien nach *Buser* beurteilt und mit einem [X] gekennzeichnet, sofern die Aussage zutrifft. Die Beurteilung einer periimplantären Radioluzenz erfolgt nach Anfertigung des Röntgenbildes.

4.3.4 Radiologische Parameter

Um das periimplantäre Knochengewebe zu beurteilen, wird ein Orthopantomogramm (OPG) angefertigt.

4.3.4.1 Bestimmungsmethoden

Der vertikale Knochenverlust wird über den Vergleich des postoperativen OPGs nach Implantation mit dem OPG nach der klinischen Untersuchung ermittelt. Die Differenz dieser Werte ergibt den Knochenverlust.

Über das Röntgenbild kann eine periimplantäre Radioluzenz ausgeschlossen werden.

4.3.5 *Patientenbezogene Parameter*

Über den allgemeinen Fragebogen (s. Abschnitt 11.3, Anlage 3 - Allgemeiner Fragebogen) werden mögliche Vorerkrankungen, Allergien, regelmäßige Medikamenteneinnahme, Mundhygienemaßnahmen, professionelle Zahnreinigungen und das Rauchverhalten dokumentiert sowie Missempfindungen an den Implantaten und vorliegende Beschwerden seit der Implantation.

Die Patienten treffen Aussagen über die allgemeine Zufriedenheit, den Tragekomfort, das Kau- und Sprechvermögen sowie den ästhetischen und operativen Gesamterfolg. Dabei vergeben die Patienten in diesen Kategorien Schulnoten, wobei sehr gut der Schulnote eins und ungenügend der Schulnote sechs entspricht.

Um Hinweise dafür zu bekommen, warum die Patienten eine Nichtanlage haben, gibt es einen zusätzlichen Fragebogen, der genau auf den dentalen Entwicklungsprozess ausgelegt ist (s. Abschnitt 11.4, Anlage 4 - Spezieller Fragebogen). Es wurde erfragt, ob Nichtanlagen noch bei weiteren Familienmitgliedern auftreten, und wenn ja, welche der Zähne nicht angelegt sind. Ebenfalls erfolgte die Dokumentation eines Knochenaufbaus vor Implantation. Ob durch die Implantation ein besseres Lebensgefühl eintrat, gab der Patient mit sehr gut, mittel oder schlecht an. Am Ende des Fragebogens findet sich eine Tabelle, die auf die Zeiträume der Mineralisation der bleibenden Zähne ausgelegt ist. Dabei soll ermittelt werden, ob eventuelle Erkrankungen, Medikamenteneinnahmen, spezielle Ernährung und der Aufenthaltsort im vierten bis 42. Lebensmonat ein Grund für das Vorhandensein einer Nichtanlage sein können.

Weitere Dokumentationen über den Implantatbefundbogen lassen sich wie folgt anführen:

- Versorgungsart: Einzelkronen, Brückenkonstruktionen, Teleskopprothesen oder Stegversorgungen.
- Prothetische Komplikationen – Kronenlockerung, Lockerung des Abutments, Schraubenbruch, Keramikabplatzungen oder erschwerte Anfertigung der Suprakonstruktion.
- Mögliche Erneuerungen des vorhandenen Zahnersatzes in der Vergangenheit.
- Über die Patientenakte:
 - Feststellung von Implantattyp und –hersteller
 - Implantatverlust.

4.4 Untersuchungsvorgehen

Von Dezember 2015 bis Mai 2017 erfolgt die Einbestellung der Patienten im Rahmen der jährlich vorgesehenen Nachuntersuchung. Dabei gliedert sich diese Untersuchung in drei Abschnitte: das Ausfüllen der Fragebögen, die klinische Untersuchung und das Anfertigen der Röntgenaufnahme (OPG).

4.4.1 Fragebögen

Als erstes findet die Patientenaufklärung statt: Es wird über die Studie berichtet, über den Datenschutz aufgeklärt sowie dokumentiert, dass die Patienten freiwillig im Rahmen der Nachuntersuchung an der Studie teilnehmen (s. Abschnitt 11.2, Anlage 2 - Patientenaufklärungsbogen).

Es folgt die Beantwortung der Fragebögen zusammen mit dem Untersuchenden. Dabei werden patientenbezogene Daten erhoben (allgemeiner Fragebogen, spezieller Fragebogen, Implantatbefundbogen; s. Abschnitt 11.3-11.5, Anlage 3-5).

4.4.2 Klinische Untersuchung

Der zweite Teil umfasst die klinische Untersuchung. Dabei wird die Mundschleimhaut untersucht. Danach folgt die Aufnahme der klinischen Parameter: Plaque-Index, Sondierungstiefen mit der gegebenenfalls auftretenden Sondierungsblutung (BoP), der Lockerungsgrad, der Periotest[®]-Wert, die Beurteilung der keratinisierten Gingiva um das Implantat sowie die Beurteilung einer periimplantären Infektion.

4.4.3 Radiologische Untersuchung

Der dritte Teil besteht aus der Befundung des Röntgenbildes. Routinemäßig wird im Rahmen der Implantatnachuntersuchung ein Röntgenbild angefertigt – das Orthopantomogramm (OPG), ein zweidimensionales bildgebendes Verfahren. Als aktuell gelten noch Röntgenbilder, die bis zu sechs Monate vor der Nachuntersuchung angefertigt wurden. An Hand des Röntgenbildes kann man eine Aussage über die mesialen und distalen Knochenverhältnisse um das Implantat treffen.

Die Aufnahme wird mit einem Gerät der Firma Sirona angefertigt. Um eine standardisierte Aufnahme zu erhalten, erfolgt die Herstellung des OPGs immer nach der gleichen Methode. Gemäß den Angaben des Herstellers wird der Patient in das Gerät eingestellt.

Die Beurteilung des Röntgenbildes findet nach einem standardisierten Verfahren statt. Es werden als erstes die Kiefergelenke, die Kieferhöhlen, der Manubularkanal und der Unterkieferrand beurteilt. Als nächstes folgt die Befundung der Zahnreihe und der Implantate. Auffälligkeiten werden dokumentiert und dem Patienten mitgeteilt.

Um eine periimplantären Radioluzenz auszuschließen, wird der Knochen um das Implantat beurteilt.

Zur Klärung, ob eine Verletzung des Mandibularkanals durch das Implantat vorliegt, wird die topographische Nähe von Implantat und Nervenkanal begutachtet.

Der vertikale Knochenabbau wird mesial und distal in Millimeter ermittelt. Die Längenmessungen erfolgen mit dem Programm SIDEXIS XG (Dentsply Sirona, Bensheim, Deutschland) an einem Befundungsmonitor (s. Abbildung 7). Um die radiologische Vergrößerung zu berücksichtigen, wird ein Faktor ermittelt. Dieser Faktor setzt sich aus der gemessenen Implantatlänge und der eigentlichen Implantatlänge zusammen:

$$\text{Vergrößerungsfaktor} = \frac{\text{gemessene Länge des Implantates}}{\text{eigentliche Länge des Implantates}}$$

Die Beurteilung des Knochenabbaus um das Implantat wird mesial und distal separat durchgeführt. Dabei wird der Abstand von der Implantatschulter bis zum Knochen gemessen. Die wahre Länge mesial und distal ergibt sich aus dem gemessenen Wert und dem Vergrößerungsfaktor:

$$\text{True distance} = \frac{\text{gemessener Wert (mesial oder distal)}}{\text{Vergrößerungsfaktor}}$$

Um den wirklichen Knochenabbau zu analysieren, zieht man das postoperative Röntgenbild unmittelbar nach Implantation heran. Es wird die Differenz zwischen der neu angefertigten Aufnahme und der postoperativen Aufnahme genommen:

$$\begin{aligned} \text{Wirklicher Knochenabbau} \\ &= \text{Knochenabbau neuangefertigte Aufnahme (mesial oder distal)} \\ &- \text{Knochenabbau postoperative Aufnahme (mesial oder distal)} \end{aligned}$$

Wenn kein postoperatives Röntgenbild existiert (auf Grund von Datenentsorgung), wird davon ausgegangen, dass das Implantat creastal gesetzt wurde. D.h., der Knochenverlust entspricht der Distanz zwischen Implantatschulter und dem Knochenniveau.

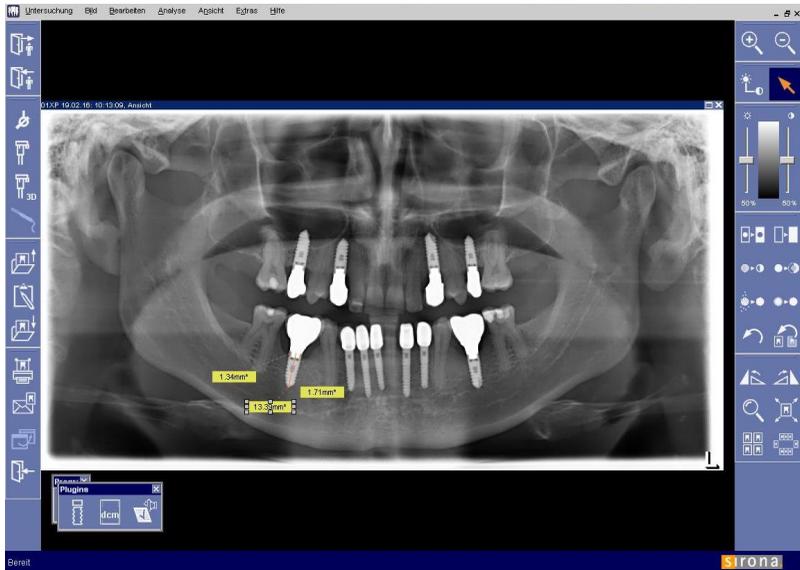


Abbildung 7: Darstellung der Messung des periimplantären Knochenverlustes mesial und distal an Implantat Regio 45 mit der SIDEXIS XG Software.

4.5 Störgrößen

4.5.1 Rauchverhalten der Patienten

In der Auswertung könnte das Rauchverhalten der Patienten eine Störgröße darstellen. Um diese Störgröße zu minimieren, werden die Patienten zu Beginn der Untersuchung zu ihrem Rauchverhalten befragt und die Anzahl der Raucher und Nichtraucher ermittelt.

4.5.2 Untersuchende/Kalibrierung

Eine weitere Störgröße könnte außerdem das unterschiedlich Messverhalten von der Untersuchenden sein. Um diese Störgröße zu minimieren, erfolgte anfangs eine Kalibrierung der Untersuchenden von einem erfahrenen Fachzahnarzt für Oralchirurgie und Implantologie. An 50 Implantaten wurden die oben genannten klinischen Parameter erhoben. Die in der Kalibrierung untersuchten Implantate gehören nicht in diese Studie. Außerdem wurden noch zehn zufällig ausgewählte OPGs analysiert, um die Validität der radiologischen Auswertung zu maximieren.

4.6 Ethik und Datenschutz

4.6.1 Ethik

Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission des Fachbereiches Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen in der Sitzung vom 19.11.2015 genehmigt (Az. 209/15).

4.6.2 Datenschutz

Die Anonymität der Patienten wird gewährleistet, indem jeder Patient eine Nummer zugewiesen bekommt. Die statistische Auswertung erfolgt dann nur noch mit den zugeteilten Nummern. Die schriftlichen Dokumente werden ebenfalls mit Nummern versehen. Fotoaufnahmen und Röntgenaufnahmen, die im Rahmen dieser Doktorarbeit verwendet werden, sind namenlos, damit kein Bild eines Patienten mit seinem Namen in Verbindung gebracht werden kann.

4.7 Statistische Analyse

Die statistische Analyse erfolgt nach Beendigung der Datenaufnahme. Es findet eine Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Informatik, Abteilung Medizinische Statistik, Gießen (Abteilungsleiter Dr. Jörn Pons-Kühnemann), statt. Um die Anonymität der Patienten zu wahren, werden ausschließlich Excel-Tabellen erstellt, die nicht mit Namen, sondern mit zugeteilten Nummern versehen sind.

Die erste Tabelle beinhaltet die Erfolgskriterien nach *Buser*. Ein Misserfolg dentaler Implantate liegt laut *Buser* dann vor, wenn eines seiner Kriterien nicht erfüllt wird. Dieses nichterfüllte Merkmal erhält eine [1] als Kennzeichen. Auch explantierte Implantate zählen als Misserfolg.

Die Auswertung der Erfolgskriterien nach *Albrektsson* erfolgt in der zweiten Tabelle. Dabei werden die nicht erfüllten Kriterien mit einer [1] gekennzeichnet. Explantierte Implantate stellen ebenfalls keinen Erfolg dar.

Die Ermittlung des Knochenabbaus erfolgt radiologisch in Millimetern. Mit der unter 4.3.2 genannten Formel lässt sich der vertikale Knochenabbau berechnen. Wie oben beschrieben, werden ein mesialer sowie ein distaler Wert gemessen. Die Betrachtung des mesialen und distalen Wertes erfolgt getrennt. Verglichen werden diese Werte mit dem vertikalen Knochenabbau, und zwar dem Ergebnis aus der Formel. Wenn der

vertikale Knochenabbau kleiner als der mesiale oder distale Wert ist, liegt kein Erfolg für das Implantat vor.

Die Jahresangabe in der Formel wird aus Präzisionsgründen mit zwei Nachkommastellen beschrieben.

In den statistischen Auswertungen sind die Prozentangaben bis auf eine Stelle hinter dem Komma auf- oder abgerundet. Damit sei auf Rundungsabweichungen hingewiesen.

Die dritte Tabelle enthält generelle Daten wie:

- Implantatposition
- das Geschlecht der Patienten
- das Alter der Patienten
- das Alter der Patienten bei Implantation
- das Alter der Implantate
- Explanationen
- Plaqueanlagerung
- Blutung auf Sondierung (BoP)
- Sondierungstiefen
- Kieferaugmentation
- das Implantatsystem
- die prothetische Versorgungsart
- das Rauchverhalten der Patienten
- der familiärer Zusammenhang einer Nichtanlage
- das verbesserte Lebensgefühl
- professionelle Zahnreinigungen (PZR) pro Jahr
- die mechanische Reinigung pro Tag
- subjektive Bewertung des Patienten
 - allgemeiner Gesamterfolg
 - Kaufunktion
 - Sprechvermögen
 - Ästhetik

5 Ergebnisse

5.1 Überblick

Im Beobachtungszeitraum von November 2000 bis September 2015 wurden insgesamt 43 Patienten mit dentalen Implantaten versorgt, die Nichtanlagen von Zähnen hatten. Die Insertion der Implantate fand in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie (Abteilungsleiter Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt) am Universitätsklinikum Gießen statt. Es ergeben sich folgende Verteilungen des Patientenkollektivs (s. Tabelle 4):

Tabelle 4: Überblick über das gesamte Patientenkollektiv, bei welchem eine Implantation bei Nichtanlage durchgeführt wurde.

	Anzahl der Patienten	Anzahl der Implantate
Patientenanzahl - Gesamt	43	165
davon Männer	18	97
davon Frauen	25	68
Drop-out	6	10
Anzahl der nachuntersuchten Patienten	37	155
Fragebögen ausgefüllt	37	155
Implantatbefundbogen ausgefüllt	37	155
Explantation	2	2

5.2 Patientenübersicht

5.2.1 Vorstellung eines Patientenfalls mit dentaler Aplasie

Im folgenden Abschnitt wird ein Fall von einem Patienten mit dentaler Aplasie beschrieben. Die klinischen und radiologischen Aufnahmen sind während des Behandlungsverlaufs in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Gießen entstanden.

Dieser Patient hat eine Nichtanlage von 13 Zähnen. Laut Literatur handelt es sich dabei um eine Oligodontie.

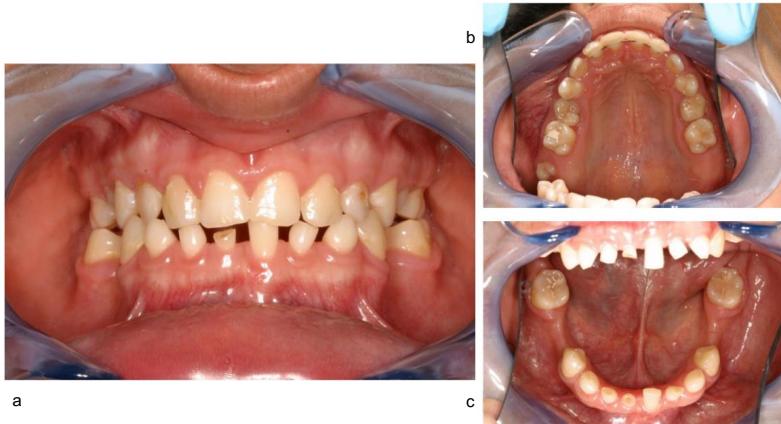


Abbildung 8: Patientenfall – Ausgangssituation eines Patienten mit Oligodontie. 8.a Schlussbiss, 8.b OK-Ansicht, 8.c UK-Ansicht. Teilweise sind noch Milchzähne in situ (55, 53, 63, 65, 73, 72, 81, 82, 83).

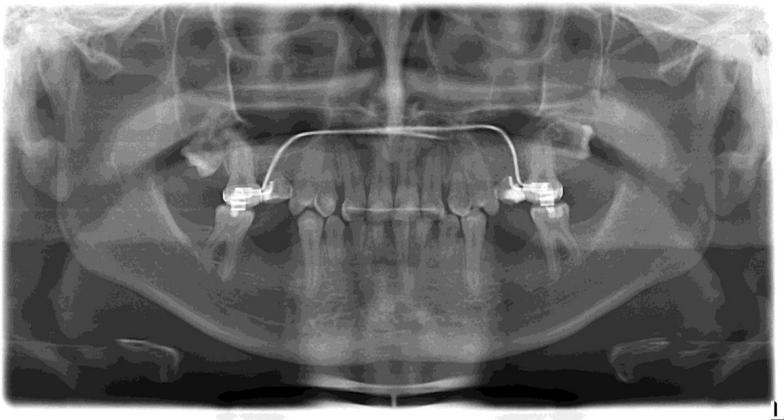


Abbildung 9: Patientenfall – Ausgangssituation desselben Patienten. Radiologisch ist erkennbar, dass keine Zahnkeime der bleibenden Dentition vorliegen. Zu sehen sind Milchzahnwurzeln, welche eine Resorption aufweisen.

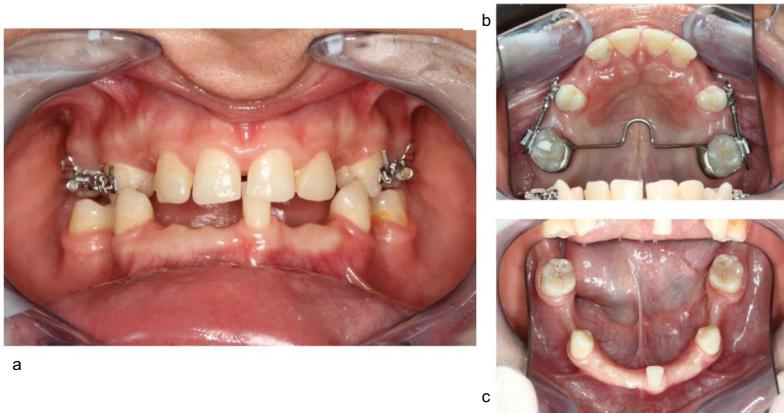


Abbildung 10: Patientenfall – Zustand nach Exaktion der Milchzähne. Es zeigt sich ein Kreuzbiss im Seitenzahnggebiet aufgrund der Größendiskrepanz zwischen OK und UK. Um Platz für die späteren Implantate zu schaffen, erfolgte eine kieferorthopädische Lückenöffnung. 10.a Schlussbiss, 10.b OK-Ansicht, 10.c UK-Ansicht.

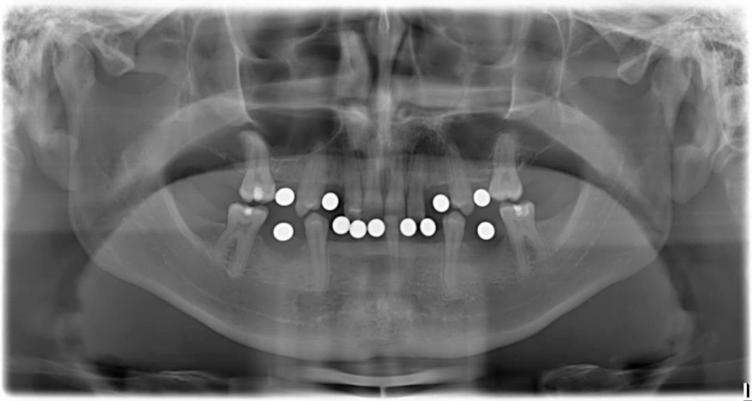


Abbildung 11: Patientenfall – Kugelmessaufnahme. Dieses Röntgenbild stellt die präoperative Röntgenaufnahme für die Planung der dentalen Implantate dar. Es werden Röntgenreferenzkugeln positioniert mit einem Durchmesser von 5,0 mm, um die Menge des verfügbaren Knochens sowie die Schleimhautdicke zu beurteilen.

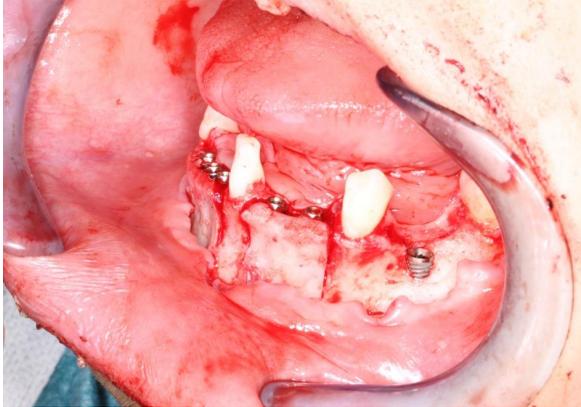


Abbildung 12: Patientenfall – Intraoperative Aufnahme. Es wird die Situation nach erfolgreichem Bone Splitting in der Unterkieferfront gezeigt sowie die Implantatposition 35 nach Insertion. Vestibulär an Implantatposition Regio 35 ist die Implantatanschulter nicht im Knochen. Es erfolgte die Positionierung einer Membran für die Guided Tissue Regeneration.

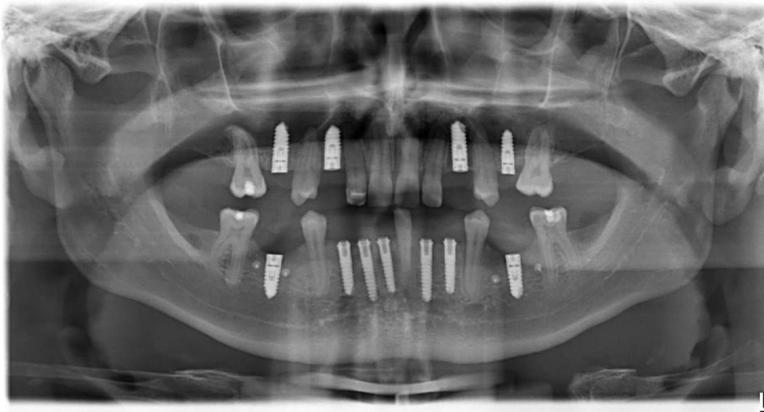


Abbildung 13: Patientenfall – Postoperatives Röntgenbild. Erkennbar sind die folgenden Implantate von Bego® (Bremen-Deutschland) in Regio 15, 13, 23, 25, 35 und 45 und Miniimplantate in Regio 33, 32, 41, 42, 43 mit folgenden Implantatlängen (L) und -durchmessern (D):

Regio 15 D4,1/L13, Regio 13 D4,1/L11,5, Regio 23 D4,1/L13, Regio 25 D3,75/L11,5,
Regio 35 D4,1/L11,5, Regio 33 D2,9/L13, Regio 32 D2,9/L15, Regio 41 L2,7/D13, Regio 42 D2,7/L15,
Regio 43 D3,1/L13, Regio 45 D4,1/11,5.

In Regio 35/45 sind die Frios-Pins für die Fixierung der Membran zu sehen.

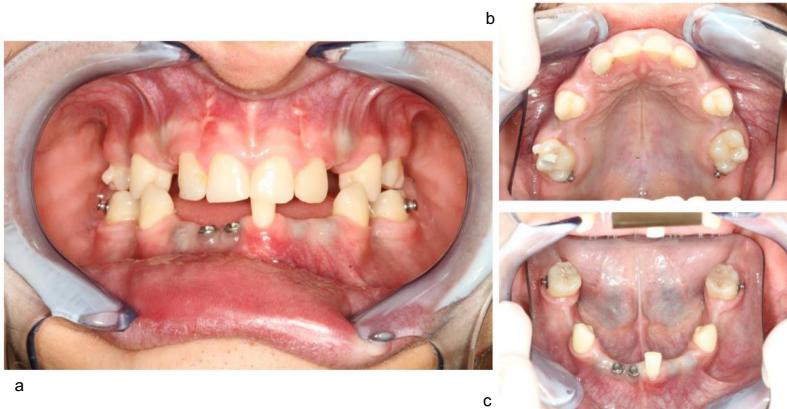


Abbildung 14: Patientenfotografien – Zustand vor Implantatfreilegung. Die Implantatfreilegung wurde nach 4,5 Monaten durchgeführt. Erkennbar ist eine Schleimhautdehiszenz in Regio 41, 42.

14.a Schlussbiss, 14.b OK-Ansicht, 14.c UK-Ansicht.

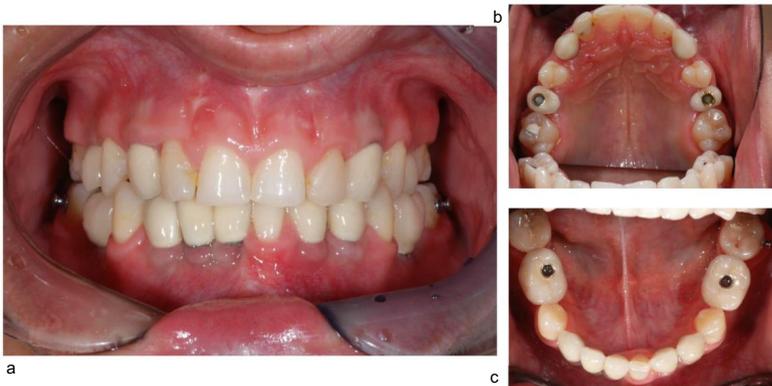


Abbildung 15: Patientenfotografien – intraorale Aufnahme nach prothetischer Versorgung der Implantate mit Einzelkronen. 15.a Schlussbiss, 15.b OK-Ansicht, 15.c UK-Ansicht.

Die prothetische Versorgung erfolgte in der Abteilung für zahnärztliche Prothetik (Abteilungsleiter Prof. Dr. B. Wöstmann) des Universitätsklinikums Gießen.

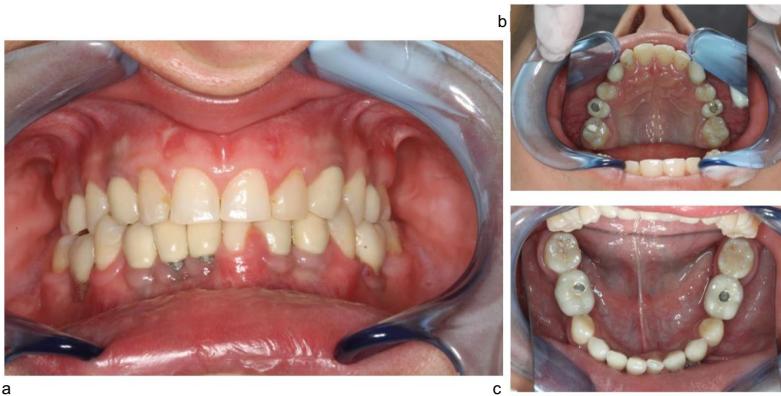


Abbildung 16: Patientenfall – Intraorale Aufnahme entstanden im Rahmen der Nachuntersuchung drei Jahre nach prothetischer Versorgung. 16.a Schlusssbiss, 16.b OK-Ansicht, 16.c UK-Ansicht.

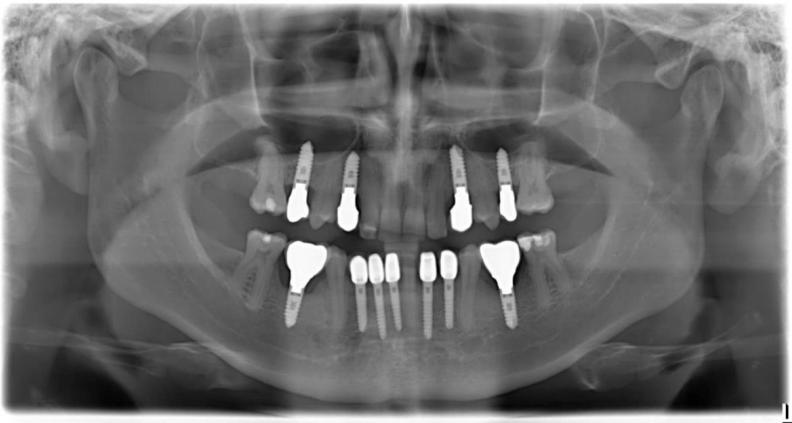


Abbildung 17: Patientenfall – Röntgenkontrollaufnahme drei Jahre nach prothetischer Versorgung. Es ist nur ein geringer Knochenabbau periimplantär zu erkennen. Dieser gilt als physiologisch.

5.2.2 Patienten Drop-out

In einem Zeitraum von 15 Jahren (2000-2015) wurden insgesamt 43 Patienten mittels dentaler Implantate an der Stelle einer Nichtanlage versorgt. Von Dezember 2015 bis Mai 2017 erfolgte die Rekrutierung und Nachuntersuchung von 37 Patienten. Sechs der 43 Patienten konnten nicht motiviert werden, in dem oben genannten Zeitraum zur routinemäßigen Untersuchung zu erscheinen (Lost to follow-up). Diese wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt. Deshalb fand die Auswertung der patientenbezogenen, klinischen und radiologischen Parameter nur bei den 37 nachuntersuchten Patienten statt.

In Tabelle 5 wird die Anzahl der in der Studie eingeschlossenen Patienten entsprechend ihres Implantationsjahres gezeigt.

Tabelle 5: Die Anzahl der Patienten pro Jahr, die Implantate bei Nichtanlage erhalten haben.

Jahr	Anzahl der Patienten	Jahr	Anzahl der Patienten
2000	1	2008	0
2001	0	2009	4
2002	2	2010	4
2003	2	2011	4
2004	3	2012	3
2005	5	2013	3
2006	3	2014	1
2007	0	2015	4

Bei zwei Patienten erfolgte die Implantation bei dentaler Aplasie in zwei unterschiedlichen Jahren. Deshalb werden diese Patienten zweimal in der Tabelle 5 angeführt. Die Anzahl der Patienten steigt dadurch faktisch von n=37 auf n=39.

In den Jahre 2001, 2007 und 2008 gab es keine Patientenversorgung mittels enossaler Implantate bei Nichtanlage.

5.2.3 Geschlechterverteilung

Es wurden 37 Patienten in die Studie eingeschlossen. Dabei ergab sich eine Geschlechterverteilung von 16 männlichen und 21 weiblichen Patienten (43,2% männlich, 56,8% weiblich).

Tabelle 6: Geschlechterverteilung der 37 Patienten, die in der Studie eingeschlossen wurden (m = männlich, w= weiblich).

Geschlecht	Anzahl der Patienten	in Prozent
m	16	43,2
w	21	56,8
Gesamt	37	100

5.2.4 Alter der Patienten

Die Altersspanne der Patienten (n=37) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung liegt bei 17-54 Jahren.

Bei dem Patientenkollektiv handelt es sich um jüngere Patienten, die mit Implantaten bei dentaler Aplasie behandelt wurden (s. Abbildung 18).

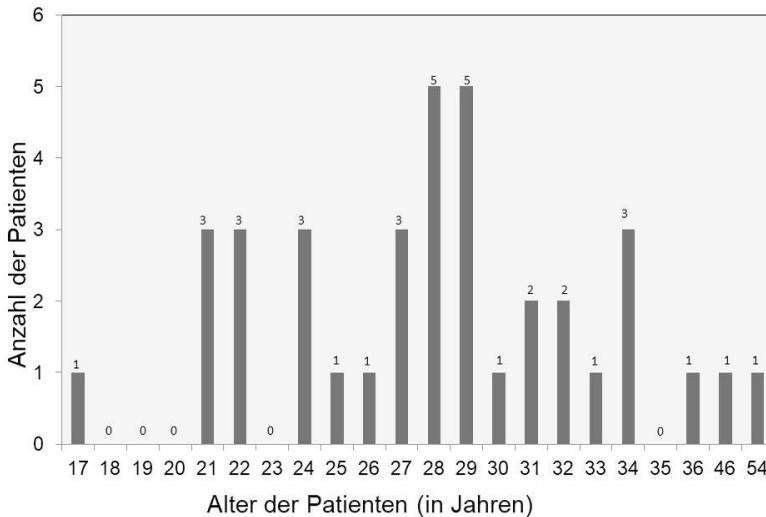


Abbildung 18: Alter der Patienten – Altersverteilung der 37 Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

Tabelle 7 gibt Angaben über den Mittelwert, die Standardabweichung, das Mini- und Maximum und den Median des Patientenalters zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

Tabelle 7: Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Minimum (MIN) und Maximum (MAX) und den Median.

n	MW	SD	MIN	MAX	Median
37	28,7	6,8	17	54	28

5.2.5 Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation

Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation liegt bei 17 bis 44 Jahren (s. Abbildung 19). Es sind vor allem jüngere Patienten (17-23 Jahre, n=33), bei denen eine Insertion dentaler Implantate bei Nichtanlage erfolgte. Die Implantation fand nach Abschluss des kranialen Knochenwachstums statt, um die entsprechenden Lücken zu schließen.

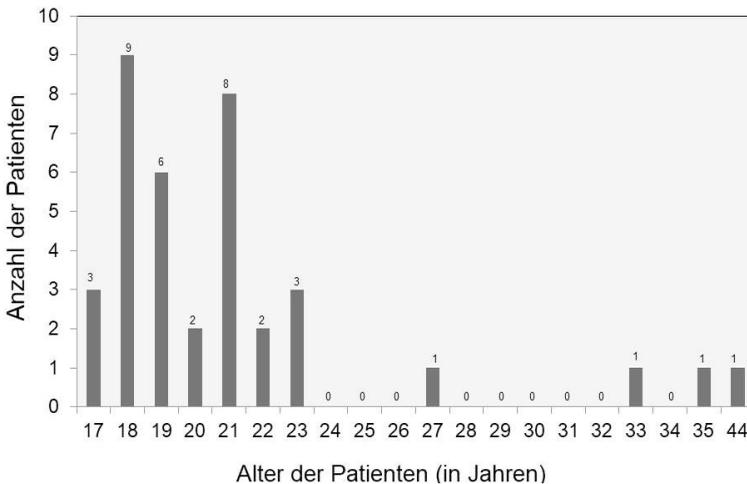


Abbildung 19: Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation – Altersverteilung der 37 Patienten zum Zeitpunkt der Implantation.

Tabelle 8 zeigt den Mittelwert, die Standardabweichung, das Mini- und Maximum und den Median des Patientenalters zum Zeitpunkt der Implantation.

Tabelle 8: Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Implantation. Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Minimum (MIN) und Maximum (MAX) und den Median.

n	MW	SD	MIN	MAX	Median
37	21,4	5,6	17	44	20

5.2.6 Allgemeinzustand und Rauchverhalten der Patienten

Es werden Allgemeinerkrankungen sowie vorhandene Allergien zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung dokumentiert. Das Rauchverhalten der Patienten wurde vermerkt.

Tabelle 9 zeigt die Anzahl der Patienten mit Allgemeinerkrankungen, Allergien und einem regelmäßigen Nikotinkonsum.

Tabelle 9: Allgemeinzustand und Nikotinkonsum der Patienten.

Allgemeinerkrankungen/ Allergien und Rauchverhalten	Anzahl der Patienten
LKG	2
Diabetes Typ 2	2
Asthma Bronchiale	1
Blutgerinnungsstörung	1
ektodermale Dysplasie	2
Schilddrüsenunterfunktion	3
Allergie: Penicillin	1
Raucher	10

Insgesamt leiden vier Patienten an einem Syndrom, das mit einer dentalen Aplasie assoziiert wird.

Der überwiegende Anteil der Patienten raucht nicht. Bei zehn von 37 Patienten war Rauchverhalten zu dokumentieren. Tabelle 10 gibt die Anzahl der Zigaretten pro Tag an, die die Patienten rauchen.

Tabelle 10: Einteilung des Nikotinkonsums pro Tag (n=10).

Anzahl der Zigaretten pro Tag	Anzahl der Patienten
1-5 Zigaretten	5
6-15 Zigaretten	4
≥ 16 Zigaretten	1

5.2.7 Kieferkammaugmentation

Bei insgesamt 18 Patienten erfolgte eine Kieferkammaugmentation (s. Tabelle 11) entweder aus dem Kieferwinkel oder aus dem Beckenkamm. Nicht bei allen augmentierten Patienten wurde an jeder geplanten Implantatregion ein Knochenaufbau durchgeführt, da die Knochendefekte je nach Region unterschiedlich ausgeprägt waren. Eine Augmentation mit Knochen aus dem Kieferwinkel erfolgte bei fünf Patienten (13,5%) und acht Implantaten (5,2%). Ein Beckenkammtransplantat fand bei 13 Patienten (35,1%) und 89 Implantaten (57,4%) Verwendung (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 11: Anzahl der Patienten und Anzahl der Implantate, bei denen eine Augmentation durchgeführt wurde.

	Anzahl der Patienten	in Prozent	Anzahl der Implantate	in Prozent
Augmentiert (Ja)	18	48,6	97	62,6
Nicht augmentiert (Nein)	19	51,4	58	37,4
Gesamt	37	100	155	100

Tabelle 12: Anzahl der Patienten und Anzahl der Implantate je nach Art der Augmentation.

	Anzahl der Patienten	in Prozent	Anzahl der Implantate	in Prozent
Aus dem Kieferwinkel	5	13,5	8	5,2
Aus dem Beckenkamm	13	35,1	89	57,4
Keine Augmentation	19	51,4	58	37,4
Gesamt	37	100	155	100

Wenn ein Kiefer augmentiert werden muss, dann erfolgt eine Phase der Einheilung, bevor implantiert werden kann. Tabelle 13 zeigt den Zeitraum in Monaten zwischen Augmentation und Implantation.

Tabelle 13: Zeitlicher Abstand zwischen erfolgter Augmentation und Implantation.

Zeitraum in Monaten	Anzahl der Patienten
0	1
2,5	1
3	7
4	4
5	4
11	1

Bei einem Patienten erfolgte im Oberkiefer eine Sinusbodenelevation beidseits. Dabei wurde ein einzeitiges Verfahren durchgeführt und nach dem externen Sinuslift erfolgte die simultane Implantation. Der zeitliche Abstand zwischen Augmentation und Implantation betrug deshalb n=0.

Bei einem anderen Patienten lag der zeitliche Abstand zwischen Augmentation und Implantation bei elf Monaten. Die Gründe dafür waren der längere Anfahrtsweg des Patienten zum Universitätsklinikum Gießen und sein Zeitmanagement.

Bei dem überwiegenden Anteil der Patienten lag die Zeitspanne zwischen Augmentation und Implantation bei 3-4 Monaten.

5.3 Auswertung der Implantate (Implantatübersicht)

Bei den nachuntersuchten Patienten wurden insgesamt 155 Implantate an der Stelle einer dentalen Aplasie inseriert. Es erfolgte eine Implantation von 94 Implantaten bei männlichen und 61 bei weiblichen Patienten. Davon waren es 86 Implantate, die im Oberkiefer, und 69, die im Unterkiefer implantiert wurden. Keines der inserierten Implantate wurde stillgelegt.

5.3.1 Implantatposition

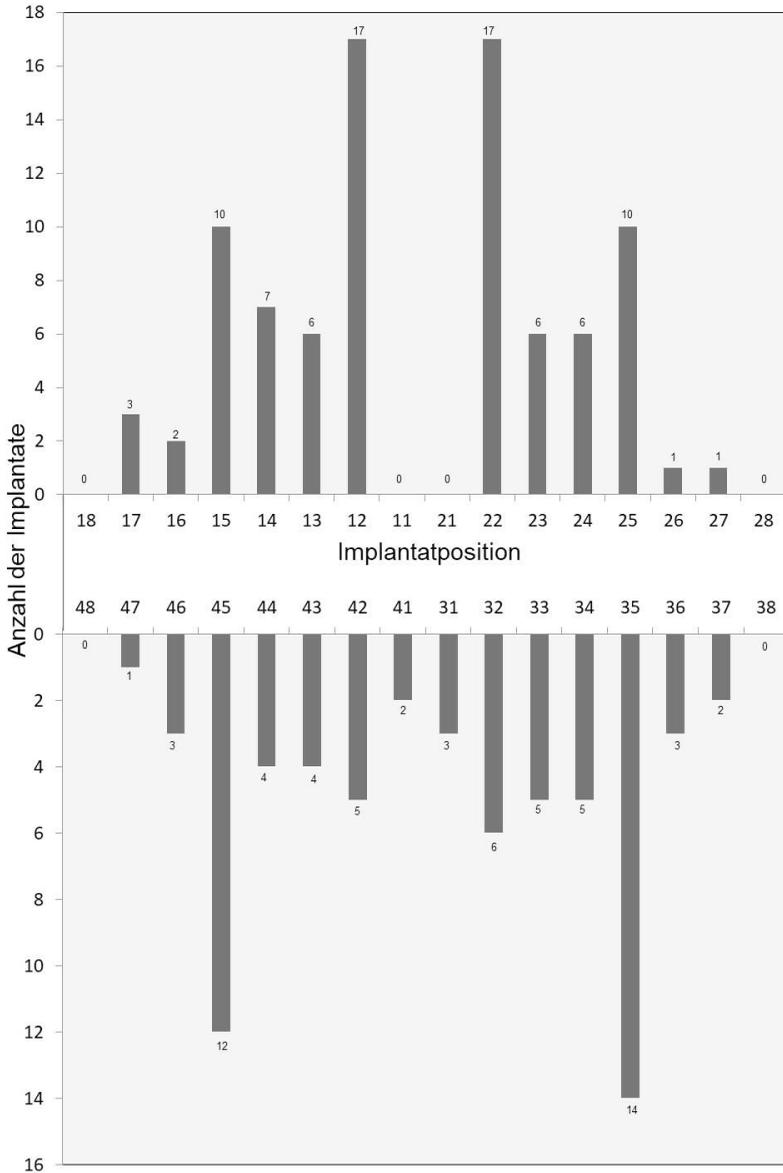


Abbildung 20: Implantatposition – Die Verteilung der Implantate nach ihrer Region im Oberkiefer und Unterkiefer.

Bei den nachuntersuchten Patienten (n=155) wurden folgende Implantatregionen am häufigsten mittels dentaler Implantate ersetzt (vgl. Abbildung 20):

1. Implantatregion 12 und 22 mit je 17 Implantaten (11,0%)
2. Regio 35 mit 14 Implantaten (9,0%)
3. Regio 45 mit 12 Implantaten (7,7%)
4. Regio 15 und 25 mit je 10 Implantaten (6,5%)

Laut Literatur sind bei 10-35%¹²⁵ der Menschen die Weisheitszähne nicht angelegt. Eine Aussage über das Fehlen der Weisheitszähne ist erst später diagnostizierbar, da die Mineralisation etwa mit dem achten Lebensjahr beginnt¹³⁰. In der hier durchgeführten Studie bleiben die dritten Molaren unberücksichtigt, da diese auf Grund ihrer dorsalen Lageposition in der Regel nicht mit dentalen Implantaten ersetzt werden.

5.3.2 Implantatsystem

Drei verschiedene Implantatsysteme fanden bei den Patienten Verwendung. Die Wahl des Implantatsystems lag beim Behandelnden, der die Implantation durchführte. Es ist allerdings eine zeitliche Abhängigkeit erkennbar: Im Jahre 2000-2002 erfolgte die Implantation von Straumann-Implantaten, zwischen 2002-2013 von Xive-Implantaten und von 2009-2015 fanden Bego-Implantate Verwendung.

Tabelle 14 zeigt die Anzahl der inserierten Implantate von jedem Implantatsystem.

Tabelle 14: Verteilung der Implantate entsprechend des verwendeten Implantatsystems (n=155).

Implantatsystem	Anzahl der Implantate	in Prozent
Bego [®] Bego, Bremen-Deutschland	40	25,8
Straumann [®] , Basel-Schweiz	10	6,5
Xive [®] Friadent, Mannheim-Deutschland	105	67,7
Gesamt	155	100

5.3.3 Zeitspanne zwischen Implantation und Nachuntersuchung

Die Zeitspanne zwischen der Implantation und der Nachuntersuchung variiert von fünf Monaten bis knapp 16 Jahren (189 Monate). Dabei lässt sich durch die Differenz von Nachuntersuchung zum Zeitpunkt der Implantation auf das Alter der Implantate schließen (s. Abbildung 21).

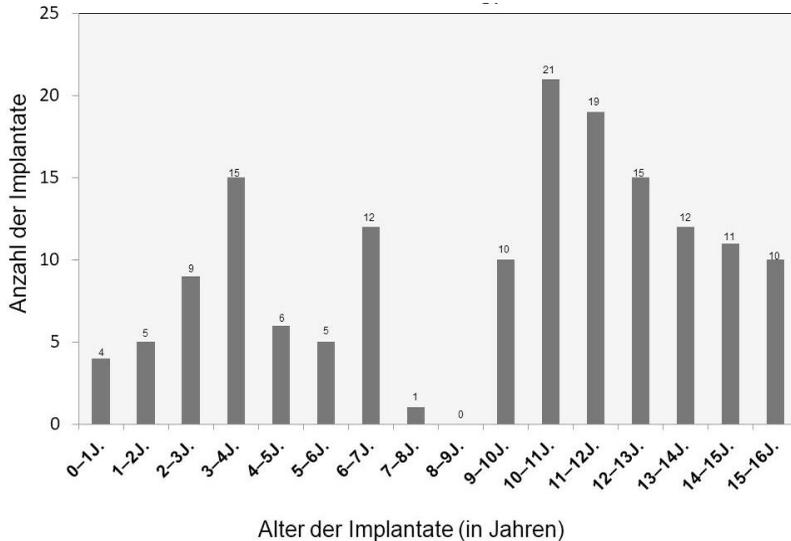


Abbildung 21: Alter der Implantate – Es wird das Alter der Implantate (Zeitraum zwischen Implantation und Nachuntersuchung) in Jahren (J) aufgelistet (n=155).

Tabelle 15 zeigt den Mittelwert, die Standardabweichung, das Mini- und Maximum und den Median vom Zeitraum zwischen Implantation und Nachuntersuchung.

Tabelle 15: Das Alter der Implantate in Jahre. Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Minimum (MIN) und Maximum (MAX) und den Median.

	n	MW	SD	MIN	MAX	Median
In Jahren	155	9,16	4,5	0	16	10,25

5.3.4 Überlebensrate zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Zwei Implantate wurden explantiert, das eine Implantat nach sechs Monaten nach Implantation und das andere nach 34 Monaten (s. Tabelle 16). Es zeigt sich somit ein Implantatverlust von 1,3%.

Für den Oberkiefer ergibt sich eine Überlebensrate von 97,7% und für den Unterkiefer eine von 100% (s. Tabelle 17).

Für jedes Implantatsystem lässt sich ebenfalls eine Überlebensrate feststellen. Für Bego liegt diese bei 97,5%, für Xive bei 99% und für Straumann bei 100% (s. Tabelle 18).

Tabelle 16: Explantation der dentalen Implantate bei dentaler Aplasie.

	Anzahl der Implantate	in Prozent
Implantate in situ	153	98,7
Explantation	2	1,3
Gesamt	155	100

Tabelle 17: Überlebensrate dentaler Implantate bei dentaler Aplasie je Kiefer.

	Anzahl der Implantate	Anzahl der Verluste (Explantation)	Überlebensrate in Prozent
Implantate OK	86	2	97,7
Implantate UK	69	0	100
Gesamt	155	2	98,7

Tabelle 18: Überlebensrate für jedes Implantatsystem.

Implantatsystem	Anzahl der Implantate	Anzahl der Verluste (Explantation)	Überlebensrate in Prozent
Bego® Bremen-Deutschland	40	1	97,5
Straumann® Basel-Schweiz	10	0	100
Xive® Mannheim-Deutschland	105	1	99

In Abbildung 22 wird die Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier gezeigt. Dabei liegt die Überlebensrate nach 189 Monaten (15,75 Jahre) bei 98,7%. Es wurden zwei Implantate explantiert. Eine Aussage zur medianen Überlebenszeit kann nicht getroffen werden, da die gesamte Beobachtungszeit bei über 50% liegt. Die mittlere Überlebenszeit aller berücksichtigten Implantate beträgt $186,7 \pm 1,6$ Monate (95%-Konfidenzintervall: 183,6-189,9 Monate).

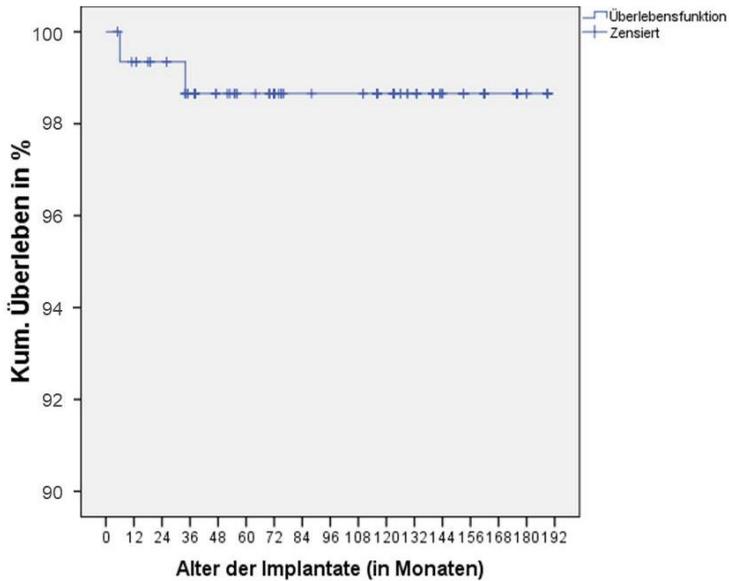


Abbildung 22: Überlebensfunktion – Überlebensrate nach Kaplan-Meier.

5.3.5 Prothetische Versorgungsart

Die Implantate bei Nichtanlage wurden mittels Einzelkronen, Brücken (oder Verblockung der Kronen), Teleskopprothesen oder einer Hybridkonstruktion versorgt (s. Tabelle 19). Dabei war die Implantatversorgung mittels einer Einzelkrone am häufigsten (65,4%). Nur bei einem Patienten wurden die Implantate (n=15) mit einer Teleskopprothese versorgt.

Tabelle 19: Prothetische Versorgung der inserierten Implantate (n=153).

Versorgungsart	Anzahl der Implantate	in Prozent
Einzelkrone auf Implantat	100	65,4
Teleskopprothese	15	9,8
Brücke	37	24,2
Hybridkonstruktion	1	0,6
Gesamt	153	100

Ob während der Versorgung des Implantates eine prothetische Komplikation aufgetreten ist, haben die Patienten mit Ja/Nein beantwortet (s. Tabelle 20). Dazu zählen Kronenlockerung, Lockerung des Abutments, Schraubenbruch, Keramikabplatzungen, erschwerte Anfertigung der Suprakonstruktion oder mögliche Erneuerungen des vorhandenen Zahnersatzes in der Vergangenheit.

Tabelle 20: Prothetische Komplikationen (n=153).

Prothetische Komplikation	Anzahl der Implantate
Ja	8
Art der Komplikation (n=8):	
Kronenlockerung	4
Lockerung des Abutments	1
Schraubenbruch	1
Keramikabplatzungen	0
erschwerte Anfertigung der Suprakonstruktion	1
Erneuerungen des vorhandenen Zahnersatzes	1
Nein	145
Gesamt	153

5.4 Auswertung der klinischen Parameter

Die klinische Auswertung konnte an 153 Implantaten erfolgen. Ausgeschlossen wurden die explantierten Implantate. Es erfolgte die Untersuchung folgender Parameter: Plaque-Index, ST, BoP, LG, Periotest[®], keratinisierte Gingiva.

1. Plaque-Index

Alle Implantate wurden auf An- und Abwesenheit von Plaque überprüft (s. Tabelle 21). Mehr als die Hälfte der untersuchten Implantate zeigte eine Anwesenheit von Plaque (56,2%). Des Weiteren erfolgte eine Konkretisierung durch den modifizierten Plaque-Index nach Mombelli (s. Tabelle 22).

Tabelle 21: Die Anwesenheit von Plaque an den Implantaten (n=153).

	Anzahl der Implantate	in Prozent
Plaque liegt vor (Ja)	86	56,2
Plaque liegt nicht vor (Nein)	67	43,8
Gesamt	153	100

Bei 31,4% ist Plaque auf Sondierung vorhanden. Sichtbare Plaqueanlagerungen lassen sich bei 20,9% und massive Plaqueablagerungen bei 3,9% der Implantate finden. 43,8% der Implantate weisen bei Inspektion und Sondierung keine Plaque auf.

Tabelle 22: Modifizierter Plaque-Index nach Mombelli (n=153).

	Anzahl der Implantate	in Prozent
Grad 0	67	43,8
Grad 1	48	31,4
Grad 2	32	20,9
Grad 3	6	3,9
Gesamt	153	100

„Grad 0: keine Plaque durch Inspektion und Sondierung zu erkennen.

Grad 1: Ansammlung von Plaque, die nur durch das Sondieren im Sulkus mit einer Sonde, aber nicht mit dem Auge sichtbar ist.

Grad 2: sichtbare Plaqueablagerung.

Grad 3: massive Plaqueablagerung.“⁶⁴

2. Sondierungstiefen

Die Sondierungstiefen periimplantär wurden mittels der Click-Probe von Kerr ermittelt. Dabei fand die Erhebung der ST an vier Stellen um das Implantat statt (mesial, vestibulär, distal, oral).

In der folgenden Tabelle (s. Tabelle 23) wird die maximale Sondierungstiefe der vier erhobenen Stellen an einem Implantat gezeigt. Dabei ließen sich an 84 Implantaten maximale Sondierungstiefen von 1,0 mm bis 3,0 mm messen, was als physiologisch normal gilt. An 44 Implantaten ließ sich eine ST von 4,0 mm feststellen. Allerdings muss nicht sofort ein entzündlicher Prozess vorliegen. An 24 Implantaten wurden ST >4 mm gemessen.

Tabelle 23: Maximale Sondierungstiefe (n=153).

ST in Millimeter	Anzahl der Implantate	in Prozent
1	2	1,3
2	28	18,3
3	55	35,9
4	44	28,8
5	9	5,9
6	14	9,2
8	1	0,6
Gesamt	153	100

3. Blutung auf Sondierung (BoP)

Bei den meisten nachuntersuchten Implantaten (93 Implantate) lag keine Blutung auf Sondierung vor (s. Tabelle 24).

Tabelle 24: BoP der Implantate bei Nichtanlage (n=153).

	Anzahl der Implantate	in Prozent
BoP liegt vor (Ja)	60	39,2
BoP liegt nicht vor (Nein)	93	60,8
Gesamt	153	100

4. Lockerungsgrad manuell gemessen

Der manuell gemessene Lockerungsgrad lässt sich in vier Grade unterteilen, wobei der Lockerungsgrad 0 keine Lockerung darstellt. Dies liegt bei 100% (n=153) der Implantate vor (s. Tabelle 25).

Tabelle 25: Lockerungsgrad (n=153).

	Anzahl der Implantate	in Prozent
Grad 0	153	100
Grad 1	0	0
Grad 2	0	0
Grad 3	0	0
Gesamt	153	100

5. Periotest®-Wert

Die Ermittlung der Werte des Periotests® konnte nur an 148 von 153 Implantaten erfolgen (s. Abbildung 23). Dies lag zum einen daran, dass der Implantataufbau gelockert war, und zum anderen, dass zum Zeitpunkt der Untersuchung das Periotest®-Gerät nicht zur Verfügung stand. Dabei zeigten 122 Implantate einen Periotest®-Wert von -7 bis 0, was für eine gute Osseointegration spricht. Bei 25 Implantaten wurde ein Wert zwischen +1 bis +9 ermittelt, was eine klinische Überprüfung nach sich zog. An einem Implantat ergab sich der Wert +13, was laut Periotest® eine unzureichende Osseointegration darstellt.

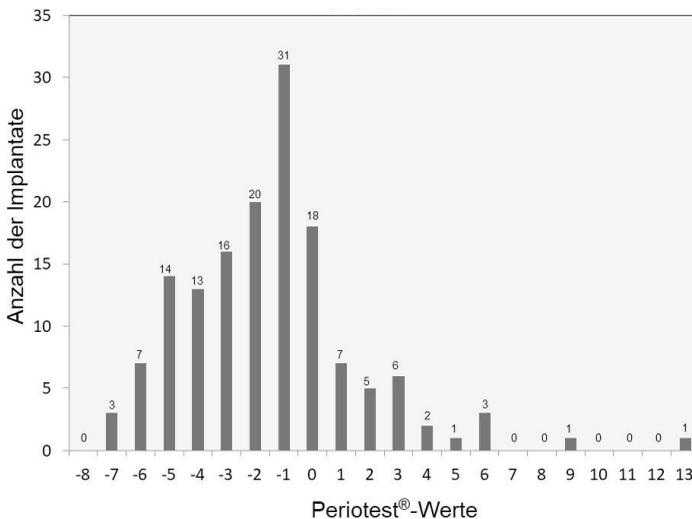


Abbildung 23: Periotest®-Werte dentaler Implantate bei Nichtanlage (n=148).

6. Anwesenheit von keratinisierter Gingiva

Die meisten Implantate (137 Implantate) hatten keratinisierte Gingiva um das Implantat. Es waren 16 Implantate, welche die keratinisierte Gingiva verloren haben (s. Tabelle 26).

Tabelle 26: Anwesenheit von keratinisierter Gingiva um das dentale Implantat (n=153).

	Anzahl der Implantate	in Prozent
Liegt vor (Ja)	137	89,5
Liegt nicht vor (Nein)	16	10,5
Gesamt	153	100

7. Vertikaler Knochenverlust

Es wurde radiologisch der Knochenverlust für jedes Implantat ermittelt. Dabei erfolgte der Vergleich beider Seiten des Implantates (mesial und distal) mit dem postoperativen Röntgenbild und mit dem der Nachuntersuchung (s. Tabelle 27).

Bei 33 Implantaten wurde ein Knochenabbau von 0 mm bis 0,5 mm verzeichnet. Bei 103 Implantaten zeigte sich ein Knochenabbau von 0,5 mm bis 3,5 mm. Bei 17 Implantaten konnte ein Knochenabbau von mehr als 3,5 mm festgestellt werden. Dieser Knochenabbau von mehr als 3,5 mm zeigte sich bei drei Patienten, bei denen einer mit LKG diagnostiziert wurde.

Tabelle 27: Periimplantärer Knochenabbau in Millimeter (n=153).

Knochenabbau in Millimeter	Anzahl der Implantate
0 bis 0,5	33
ab 0,5 bis 3,5	103
ab 3,5	17
Gesamt	153

5.5 Patientenbezogene Parameter

Durch die Auswertung der Fragebögen wurden die patientenbezogenen Parameter ermittelt. Dabei handelte es sich um die subjektive Einschätzung der Patienten. Insgesamt haben alle untersuchten Patienten die Fragebögen ausgefüllt (n=37).

In den folgenden Kategorien werden Schulnoten vergeben, wobei sehr gut der Schulnote eins und ungenügend der Schulnote sechs entspricht: Allgemeine Zufriedenheit, Kauffunktion, Sprechvermögen, Ästhetik. Bei einem Patienten erfolgte die Explantation des Implantates vor dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Deshalb ergibt sich in diesen Kategorien eine Anzahl von n=36 (s. Abbildung 24-27).

Die Patienten treffen Aussagen über die Häufigkeit der manuellen Zahnpflege, regelmäßige professionelle Zahnreinigungen sowie die subjektive Beantwortung der Frage eines besseren Lebensgefühls durch die Implantation (s. Abbildung 28-29, Tabelle 28).

5.5.1 Allgemeine Zufriedenheit

Es ergibt sich folgende Verteilung in der Kategorie allgemeine Zufriedenheit:

- Schulnote sehr gut (1) vergeben 25 Patienten
- Schulnote gut (2) vergeben 9 Patienten
- Schulnote befriedigend (3) vergeben 2 Patienten

Es ist zu sagen, dass alle Patienten eine hohe allgemeine Zufriedenheit in Bezug auf die Implantate vergeben. Keiner der Patienten gibt die Schulnote ausreichend (4) oder schlechter.

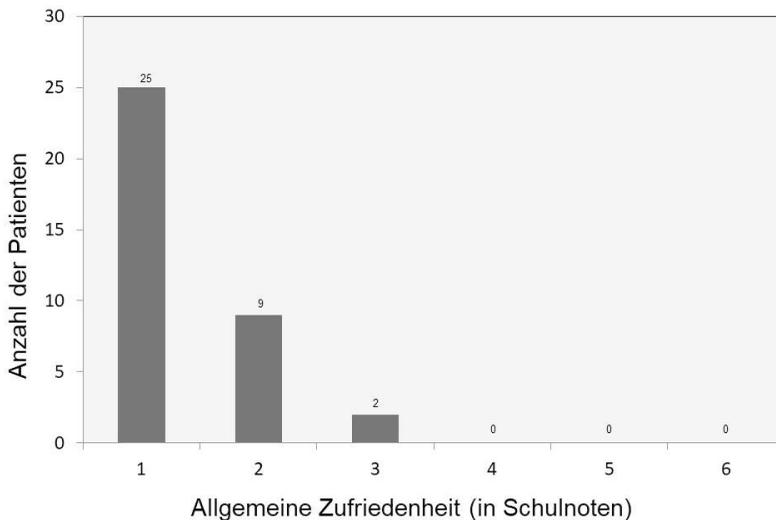


Abbildung 24: Allgemeine Zufriedenheit – Beantwortung der allgemeinen Zufriedenheit der Patienten in Schulnoten (n=36).

5.5.2 Kaufunktion

Es ergibt sich folgende Verteilung in der Kategorie Kaufunktion:

- Schulnote sehr gut (1) vergeben 25 Patienten
- Schulnote gut (2) vergeben 11 Patienten

In der Kategorie Kaufunktion geben die Patienten eine hohe Zufriedenheit an. Die Schulnote befriedigend (3) oder schlechter wird in dieser Kategorie nicht vergeben.

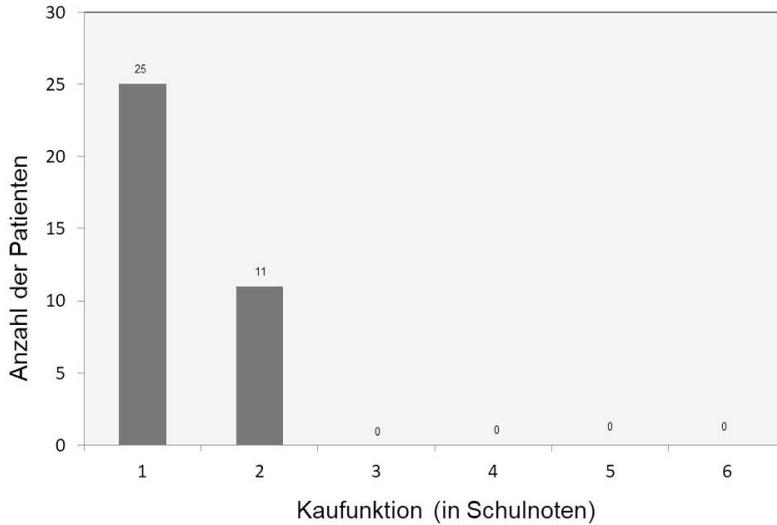


Abbildung 25: Kauffunktion – Beantwortung der Frage über die Kauffunktion der Patienten in Schulnoten (n=36).

5.5.3 Sprechvermögen

Es ergibt sich folgende Verteilung in der Kategorie Sprechvermögen:

- Schulnote sehr gut (1) vergeben 29 Patienten
- Schulnote gut (2) vergeben 5 Patienten
- Schulnote befriedigend (3) vergeben 2 Patienten

Insgesamt liegt eine hohe Bewertung in der Kategorie Sprechvermögen vor. Kein Patient vergibt eine Note ausreichend (4) oder schlechter.

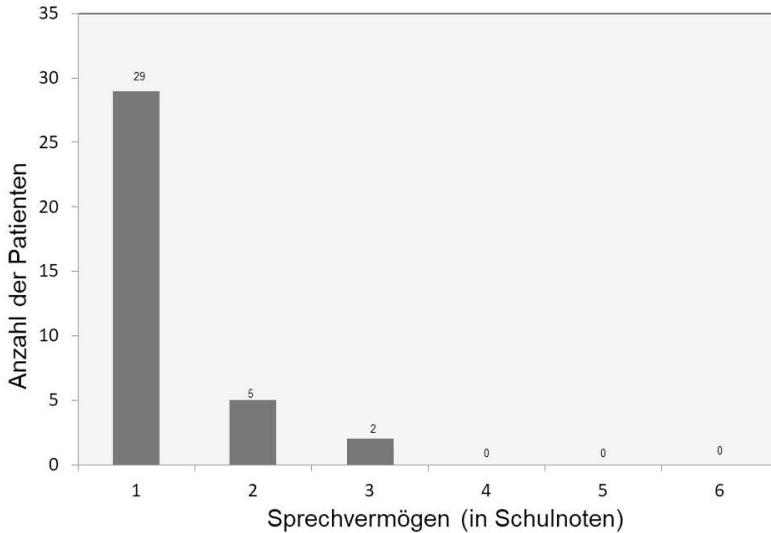


Abbildung 26: Sprechvermögen – Beantwortung der Einschätzung des Sprechvermögens der Patienten in Schulnoten (n=36).

5.5.4 Ästhetik

Es ergibt sich folgende Verteilung in der Kategorie Ästhetik:

- Schulnote sehr gut (1) vergeben 17 Patienten
- Schulnote gut (2) vergeben 16 Patienten
- Schulnote befriedigend (3) vergeben 2 Patienten
- Schulnote mangelhaft (5) vergebt 1 Patient

Der Grund für die Note 5 war das Durchsimmern des Implantatmaterials durch die Schleimhaut. Das ästhetische Endergebnis gefällt 33 Patienten gut bis sehr gut, und nur 2 Patienten empfinden die Ästhetik als befriedigend.

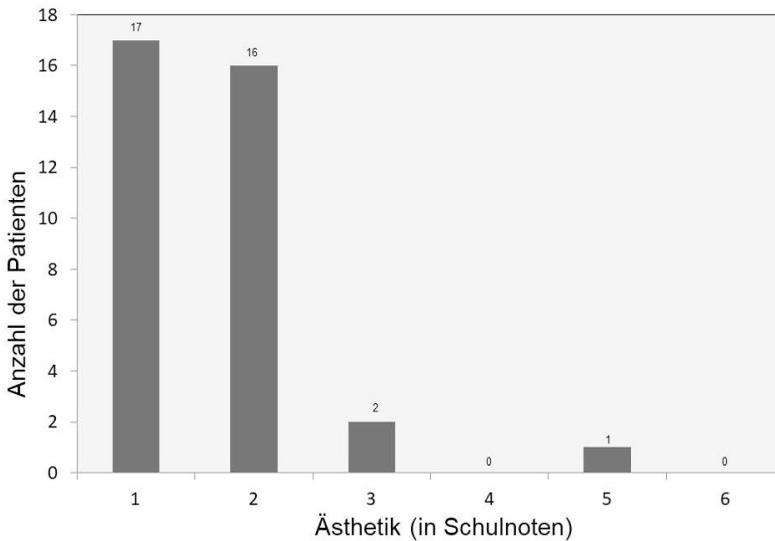


Abbildung 27: Ästhetik – Beantwortung des ästhetischen Gesamterfolges der Patienten in Schulnoten (n=36).

5.5.5 mechanische Plaqueentfernung (häusliche Zahnpflege)

Es sind 31 Patienten, die ihre Zähne im Rahmen der häuslichen Zahnpflege zweimal am Tag reinigen. Bei drei Patienten erfolgt die mechanische Plaqueentfernung einmal und bei den restlichen drei dreimal pro Tag.

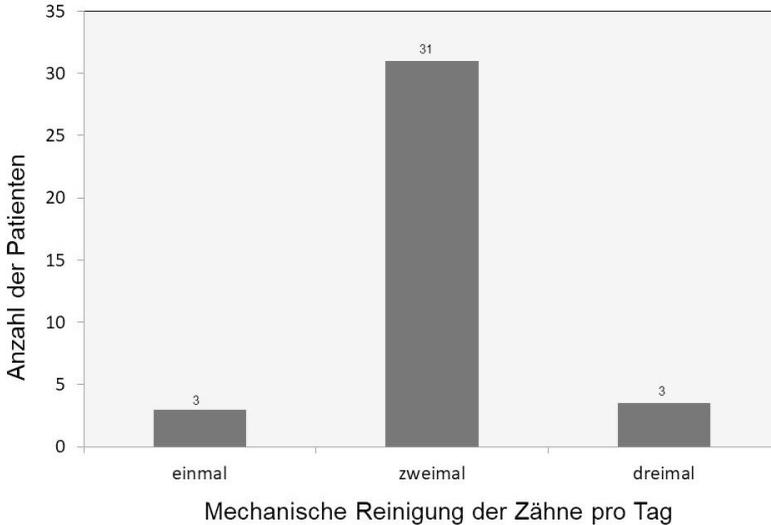


Abbildung 28: Mechanische Reinigung der Zähne pro Tag – Die mechanische Plaqueentfernung mittels einer Zahnbürste pro Tag (n=37).

5.5.6 Professionelle Zahnreinigung

Zehn Patienten lassen keine PZR pro Jahr durchführen. Mehr als die Hälfte der Patienten lassen sich mindestens einmal im Jahr professionell die Zähne und Implantate reinigen.

Tabelle 28: Die Anzahl der professionellen Zahnreinigungen pro Jahr (n=37).

Anzahl der PZR pro Jahr	Anzahl der Patienten	in Prozent
keine	10	27
einmal	19	51,4
zweimal	7	18,9
dreimal	0	0
viermal	1	2,7

5.5.7 Beurteilung eines besseren Lebensgefühls durch die Implantation

Die Beantwortung der Fragestellung, ob ein verbessertes Lebensgefühl durch die Implantate erreicht wurde, konnten die Patienten mit sehr gut, mittel und schlecht bewerten.

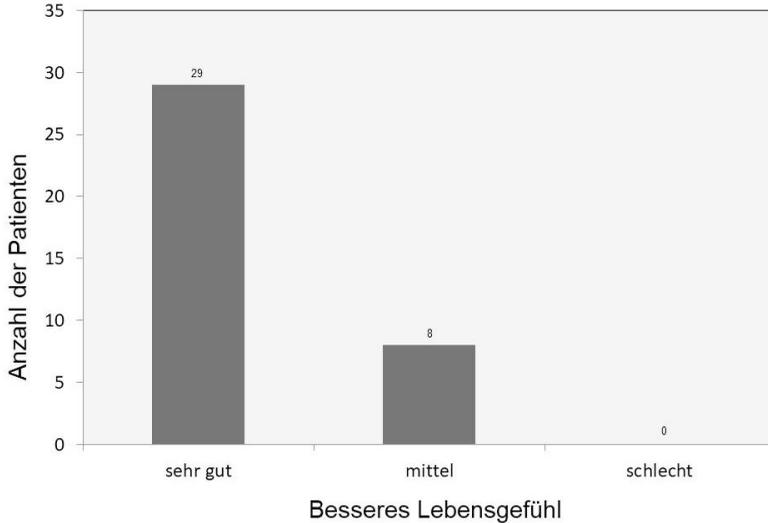


Abbildung 29: Besseres Lebensgefühl – Antwort auf die Frage: „Wurde ein gewisser Standard von einem besseren Lebensgefühl durch diese Implantate erreicht?“ (n=37).

29 Patienten beantworteten die Frage mit ‚sehr gut‘ und acht mit ‚mittel‘. Keiner der Untersuchten empfand das verbesserte Lebensgefühl als ‚schlecht‘.

5.5.8 Parameter bezogen auf eine Nichtanlage

1. Familiäre Häufigkeit im Zusammenhang mit einer dentalen Aplasie (Abbildung 30)

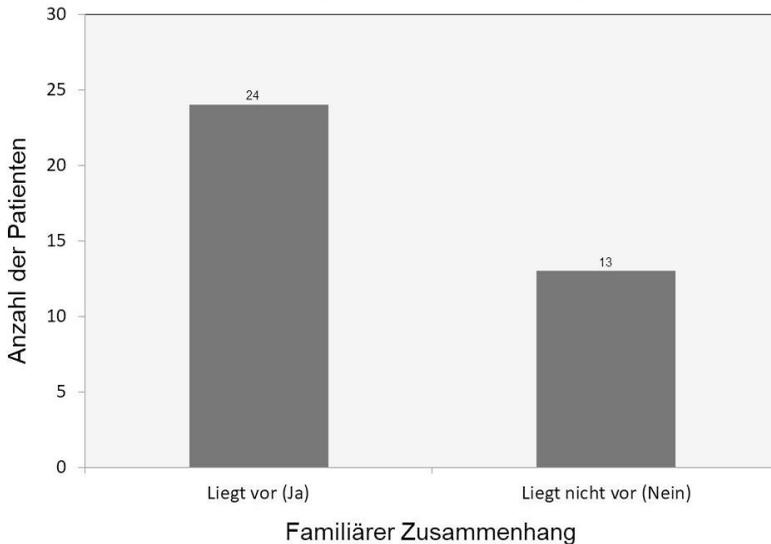


Abbildung 30: Familiäre Häufigkeit einer dentalen Aplasie – Es wird der familiäre Zusammenhang einer dentalen Aplasie bei den nachuntersuchten Patienten gezeigt (n=37).

Bei 24 Patienten weist ein weiteres Familienmitglied eine dentale Aplasie auf (64,9%). Laut Angaben ist bei den restlichen 13 Patienten kein familiärer Zusammenhang bezogen auf eine Nichtanlage bekannt (35,1%).

Es konnten keine genauen Rückschlüsse auf folgende Frage gegeben werden: „Wissen Sie, welcher Zahn bei den Familienmitgliedern nicht angelegt war?“. Die Aussagen der Patienten hierzu waren ungenau.

2. Aufenthaltsort während der Mineralisationszeit von Zähnen

Es lässt sich kein direkter Zusammenhang zwischen dem Aufenthaltsort während der ersten 4-42 Lebensmonate und einer vorliegenden Nichtanlage herstellen (s. Tabelle 29).

Sieben Patienten (18,9%) hielten sich in dieser Zeit in Gießen auf. Da die Nachuntersuchung an dem Uniklinikum Gießen stattfand, besteht die Wahrscheinlichkeit, dass viele der Patienten aus Gießen und dem Umland stammen. 25 Patienten haben sich während der Mineralisationszeit der Zähne in Hessen aufgehalten. Fünf weitere Patienten waren außerhalb des Bundeslandes Hessen und im Ausland waren sieben Patienten. Davon hielten sich sechs Patienten während der Mineralisationszeit in östlichen Regionen Europas auf (Polen, Russland, Rumänien und Kasachstan) und ein Patient in Afrika (Kinshasa, Demokratische Republik Kongo).

Tabelle 29: Aufenthaltsort während der Mineralisationszeit von Zähnen.

Aufenthaltsort während der Mineralisationszeit von Zähnen	Anzahl der Patienten
In Deutschland	30
davon in Hessen	25
davon in Gießen	7
Im Ausland	7

5.6 Implantaterfolgskriterien nach *Buser*

In Tabelle 30 werden die einzelnen Kriterien nach *Buser* gezeigt, die für den Implantaterfolg von Bedeutung sind. Sobald ein Kriterium positiv ist (Ja), gilt es als nicht erfüllt, und somit liegt kein Erfolg für das Implantat vor.

Tabelle 30: Die einzelnen Erfolgskriterien nach *Buser* (n=153).

	Anzahl der Implantate	in Prozent
	Dysästhesie	
Liegt vor (Ja)	1	0,7
Liegt nicht vor (Nein)	152	99,3
	Schmerzen	
Liegt vor (Ja)	0	0
Liegt nicht vor (Nein)	153	100
	Fremdkörpergefühl	
Liegt vor (Ja)	0	0
Liegt nicht vor (Nein)	153	100
	wiederkehrende eitrige periimplantäre Infektion	
Liegt vor (Ja)	0	0
Liegt nicht vor (Nein)	153	100
	Beweglichkeit des Implantats	
Liegt vor (Ja)	0	0
Liegt nicht vor (Nein)	153	100
	(kontinuierliche) Radioluzenz um das Implantat	
Liegt vor (Ja)	2	1,3
Liegt nicht vor (Nein)	151	98,7
	Möglichkeit einer Suprakonstruktion	
Liegt vor (Ja)	0	0
Liegt nicht vor (Nein)	153	100

Für die beiden explantierten Implantate fällt der Implantaterfolg nach *Buser* negativ aus. Wenn man die Erfolgskriterien nach *Buser* betrachtet, sind es fünf Implantate, bei denen die Erfolgskriterien nicht erfüllt sind (s. Abbildung 31). Damit liegt der Implantaterfolg bei einem von Geburt an nicht angelegten Zahn nach *Buser* bei 96,8%.

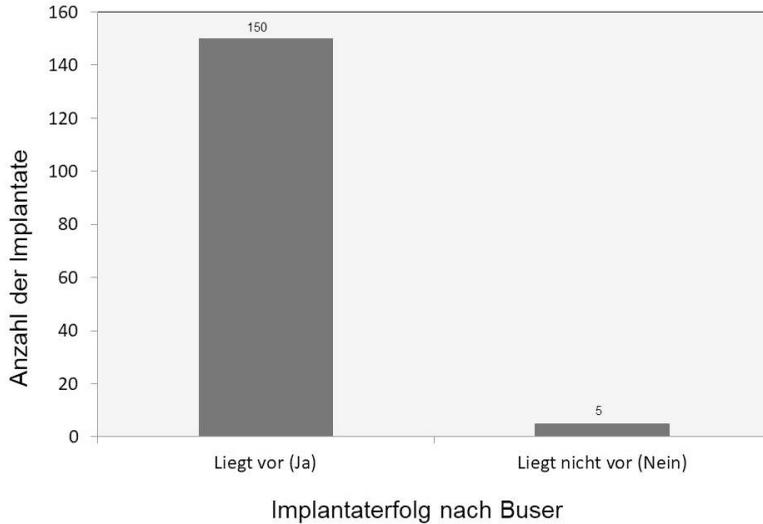


Abbildung 31: Implantaterfolg nach *Buser* – Der Erfolg dentaler Implantate nach *Buser* (n=155).

Abbildung 32 zeigt die Kaplan-Meier-Kurve, d.h. die Erfolgszeitanalyse nach *Buser*. Da die gesamte Beobachtungszeit bei über 50% liegt, kann eine Aussage zur medianen Überlebenszeit nicht getroffen werden. 150 Implantate sind zensiert. Bei diesen Implantaten ist noch kein Misserfolg eingetreten. In einer Beobachtungszeit von 189 Monaten liegt bei fünf von 155 Implantaten kein Erfolg nach *Buser* vor. Die kumulierte Erfolgsrate nach 189 Monaten (15,75 Jahre) liegt bei 96%. Die mittlere Erfolgszeit aller berücksichtigten Implantate beträgt $183,4 \pm 2,4$ Monate (95%-Konfidenzintervall: 178,7-188,2 Monate).

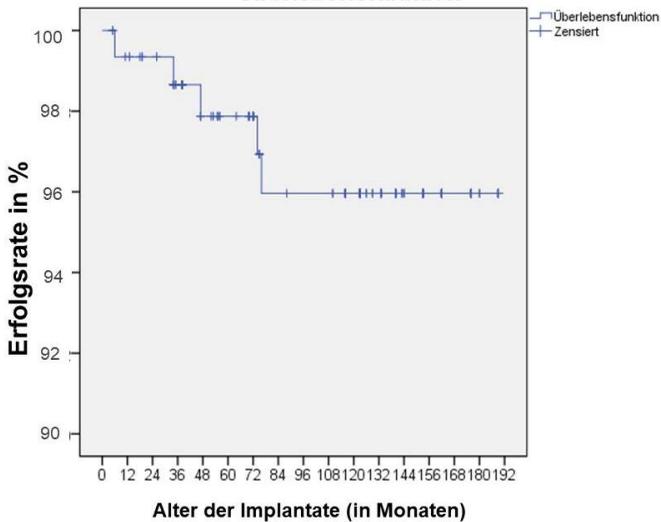


Abbildung 32: Überlebensfunktion – Kaplan-Meier-Kurve. Es wird der Implantaterfolg nach *Buser* anhand des Alters der Implantate dargestellt.

5.7 Implantaterfolgskriterien nach *Albrektsson*

Tabelle 31 zeigt die einzelnen Kriterien nach *Albrektsson*, die für den Implantaterfolg relevant sind. Es liegt kein Erfolg für ein Implantat vor, wenn eines der Kriterien positiv (Ja) bewertet wird.

Tabelle 31: Die einzelnen Erfolgskriterien nach *Albrektsson* (n=153).

	Anzahl der Implantate	in Prozent
Beweglichkeit des Implantates		
Liegt vor (Ja)	0	0
Liegt nicht vor (Nein)	153	100
Radioluzenz um das Implantat		
Liegt vor (Ja)	2	1,3
Liegt nicht vor (Nein)	151	98,7
vertikaler Knochenabbau		
Liegt vor (Ja)	15	9,8
Liegt nicht vor (Nein)	138	90,2
Infektion		
Liegt vor (Ja)	11	92,8
Liegt nicht vor (Nein)	142	7,2
Schmerzen		
Liegt vor (Ja)	0	0
Liegt nicht vor (Nein)	153	100
Parästhesie		
Liegt vor (Ja)	1	0,7
Liegt nicht vor (Nein)	152	99,3
Verletzung des Canalis mandibularis		
Liegt vor (Ja)	1	0,7
Liegt nicht vor (Nein)	152	99,3

Bei den Kriterien nach *Albrektsson* fallen die explantierten Implantate als nicht erfolgreich aus. In der Summe sind es 18 Implantate, bei denen ein oder mehrere Parameter zum Misserfolg führen (Abbildung 33). Der Implantaterfolg bei einem von Geburt an nicht angelegten Zahn nach *Albrektsson* liegt bei 88,4%.

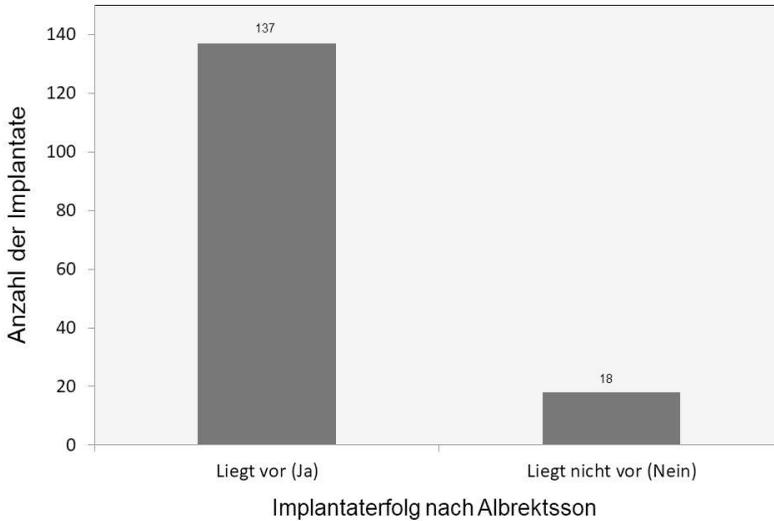


Abbildung 33: Implantaterfolg nach *Albrektsson* – Der Erfolg dentaler Implantate nach *Albrektsson* (n=155).

Abbildung 34 zeigt die Kaplan-Meier-Kurve, d.h. die Erfolgszeitanalyse nach *Albrektsson*. 137 Implantate sind zensiert. Bei diesen Implantaten ist noch kein Misserfolg eingetreten. In einer Beobachtungszeit von 189 Monaten liegt bei 18 von 155 Implantaten kein Erfolg nach *Albrektsson* vor. Die kumulierte Erfolgsrate nach 189 Monaten (15,75 Jahre) liegt bei 61,1%. Bei einem Patienten wird nach 162 Monaten ein Misserfolg von acht Implantaten verzeichnet. Nach 176 Monaten lässt sich bei einem weiteren Patienten ein Misserfolg von drei Implantaten feststellen. Bei den beiden zuletzt erwähnten Patienten lag ein erhöhter vertikaler Knochenabbau an den Implantaten vor, die zu den Misserfolgen führten. Bei diesen Patienten handelt es sich um ein Geschwisterpaar.

Da die gesamte Beobachtungszeit bei über 50% liegt, kann eine Aussage zur medianen Überlebenszeit nicht getroffen werden. Die mittlere Erfolgszeit aller berücksichtigten Implantate beträgt $174,2 \pm 3,2$ Monate (95%-Konfidenzintervall: 168-180,5 Monate).

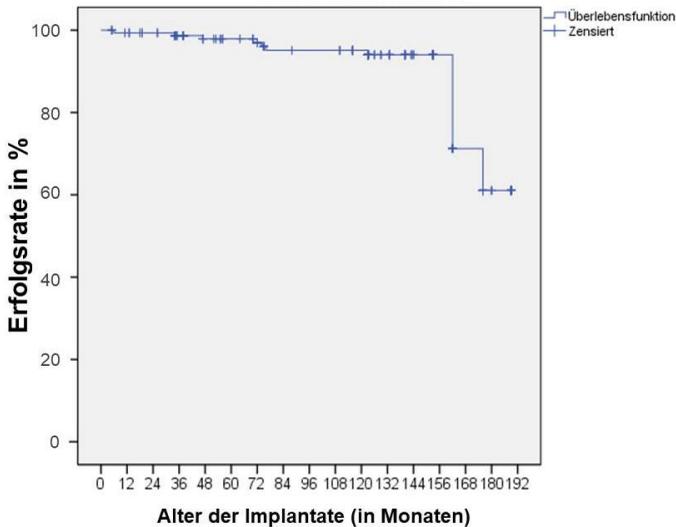


Abbildung 34: Überlebensfunktion – Kaplan-Meier-Kurve. Es wird der Implantaterfolg nach *Albrektsson* anhand des Alters der Implantate dargestellt.

6 Diskussion

Im folgenden Kapitel werden der Untersuchungsaufbau sowie die eigenen Ergebnisse diskutiert.

6.1 Material- und Methodendiskussion

6.1.1 Patientengut

Die Teilnahme an dieser Untersuchung setzte voraus, dass bei allen Patienten eine dentale Aplasie vorlag, unabhängig von Hypodontie, Oligodontie, ektodermale Dysplasie oder LKG.

Eine Einschränkung dieser Arbeit ist die Anzahl der eingeschlossenen Patienten (n=37) und der dentalen Implantate (n=155). Diese relativ kleine Anzahl ist für eine größere Grundgesamtheit nicht repräsentativ. Es gibt Publikationen, die eine geringere Anzahl an Patienten und Implantaten zu diesem Thema untersuchten^{26,66,14}. Aus diesem Grunde sind die Patienten- und Implantatanzahlen in dieser Arbeit als gut zu bewerten. Vergleicht man die Anzahl der Patienten und Implantate mit den eingeschlossenen Studien der Metaanalyse von *Terheyden et al.*¹⁶⁸, sind es 14 von 19 Veröffentlichungen, die weniger Patienten und dentale Implantate untersuchten als in dieser Arbeit. Fünf der 19 Artikel hatten mehr als 37 Patienten und 155 Implantate¹⁶⁸. Der größte Untersuchungsumfang zeigte sich bei *Guckes et al.*⁶⁰ mit einem Patientenkollektiv von 51 Patienten und 264 Implantaten. Nach der Metaanalyse sind es insgesamt zwei Drittel der Publikationen, die geringere Anzahlen an Patienten und Implantaten zum Inhalt hatten. In der aktuellsten Veröffentlichung zu diesem Thema von *Bruns et al.*²⁶ sind im Vergleich 24 Patienten mit 63 inserierten Implantaten nachuntersucht worden.

In der hier durchgeführten Arbeit lag der Anteil der Männer bei 43,2% und der der Frauen bei 56,8%. Daraus folgt ein Geschlechterverhältnis von Männern zu Frauen von 1:1,3. In der Literatur sind Angaben einer Häufigkeitsverteilung von Männern zu Frauen bei dentaler Aplasie von 1:1,37¹²⁶ bis 1:1,6¹¹³ zu finden. *Polder et al.*¹²⁶ ermittelten ein Verhältnis zwischen Männern und Frauen von 1:1,37, was annähernd dem in dieser Studie entspricht.

Die Studie um *Dueled et al.*⁴² untersuchte Implantate bei Nichtanlage von Zähnen. Von einem Gesamtkollektiv waren 67% Frauen und 33% Männer. In einer ähnlichen Studie von *Hosseini et al.*⁶⁸ findet sich ebenfalls eine höhere Anzahl an Frauen (n=35, 59,3%) als Männer (n=24, 40,7%), die ein Implantat bei Nichtanlage erhalten haben. In der hier

vorliegenden Arbeit kann man deshalb von einer normalen Geschlechterverteilung mit einem leichten Überschuss an Frauen ausgehen.

In dieser Arbeit rangiert das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zwischen 17 und 54 Jahren (medianes Durchschnittsalter 28 Jahre). Es sind 34 Patienten (91,9%) mit einem Alter von 17-34 Jahren. Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation lag bei 17 bis 44 Jahren (medianes Durchschnittsalter 20 Jahre), wobei 89,2% (n=33) sich in einem Alter von 17 bis 23 Jahren befanden. Dieses eher junge Patientenkollektiv lässt sich auch in anderen Studien finden. Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation liegt in der Studie von *Zou et al.*¹⁸⁸ bei 17-28 Jahren und bei *Hosseini et al.*⁶⁸ bei 18-50 Jahren (Durchschnittsalter 27,9 Jahre).

Eine mögliche Erklärung für das niedrige Patientenalter kann die frühe Therapieplanung für diese Patienten sein. Bei Implantatplanung konnte die Insertion dentaler Implantate dann nach abgeschlossenem Wachstum, mit ca. 17-21 Jahren, erfolgen⁸⁷.

Idealerweise sollte die Diagnose einer dentalen Nichtanlage nach dem sechsten Lebensjahr erfolgen, ohne Berücksichtigung der 3. Molaren. Diese wird radiologisch ermittelt. Allerdings kann eine dentale Aplasie des zweiten Prämolaren nicht so früh diagnostiziert werden wie die eines Inzisiven⁵⁵. Wegen einer möglichen späteren Mineralisation des unteren P2 (Spätanlage) können falsch-positive Diagnosen in Bezug auf eine Nichtanlage gestellt werden¹²⁶. Deshalb sollte eine definitive Diagnose einer Nichtanlage des unteren P2 frühestens nach dem siebten Lebensjahr erfolgen¹²⁶. Bei vorhandener Nichtanlage ist eine frühe interdisziplinäre Zusammenarbeit der zahnärztlichen Abteilungen erforderlich¹¹⁶.

Ein Störfaktor ist das Rauchverhalten der Patienten. *Chrcanovic et al.*³³ schlussfolgern aus ihrer Literaturübersicht, dass die Insertion dentaler Implantate bei Rauchern die Verlustrate, das Entstehen einer postoperativen Infektion sowie den marginalen Knochenverlust signifikant beeinflussen³³. In dieser Arbeit mussten zwei Implantate explantiert werden: das erste Implantat bei einem Nichtraucher nach sechs Monaten und das zweite Implantat bei einem Raucher aufgrund einer eitrigen Periimplantitis. Dieser Patient rauchte 1-5 Zigaretten pro Tag. Erhöhter Knochenabbau konnte in dieser Arbeit bei 13 Implantaten festgestellt werden. Bei einem Patienten, der 6-15 Zigaretten pro Tag rauchte, zeigten acht Implantate einen erhöhten Knochenverlust. Dabei kann wahrscheinlich das Rauchverhalten des Patienten Einfluss auf den Knochenverlust genommen haben.

6.1.2 Methodendiskussion

Bei der hier durchgeführten retrospektiven Arbeit handelt es sich um eine klinische, offene, unkontrollierte Studie. Es erfolgte lediglich die Beschreibung der Ergebnisse, was eine deskriptive Untersuchung darstellt. Um die inhaltliche Qualität einer klinischen Studie zu beschreiben, gibt es die Einteilung in verschiedene Evidenzklassen, angelehnt an den Empfehlungen der AHCPR (Agency for Health Care Policy and Research). Dabei sind 4 Klassen zu unterscheiden¹⁷⁵:

- Klasse I: Evidenz durch mindestens eine randomisierte, kontrollierte Studie.
- Klasse II: Evidenz durch mindestens eine kontrollierte, aber keine randomisierte Studie.
- Klasse III: Evidenz durch deskriptive Studien, wie z.B. Vergleichs- oder Korrelationsstudien, Fallberichte.
- Klasse IV: Evidenz durch Expertenmeinung oder Expertenkomitee.

Somit fällt diese Arbeit in die Evidenzklasse III. Mit dem hier vorgestellten Thema, der Fragestellung sowie dem Studiendesign ist weder eine randomisierte noch eine kontrollierte Studie möglich. Die Patienten einer Kontrollgruppe müssten auf jeden einzelnen Patienten in der Studie mit Alter und Implantatregion passen, um vergleichbare Aussagen zwischen den Gruppen treffen zu können.

In der Metaanalyse von *Yap et al.*¹⁸⁶ stellten diese ebenfalls fest, dass es keine Publikationen für die ersten beiden Evidenzklassen zu dem Thema Implantate bei ED oder bei dentaler Aplasie gab. Von diesen Autoren konnten nur 12 Artikel der Klasse III und 29 Artikel der Klasse IV in der Literatur gefunden werden.

Alle klinischen und radiologischen Untersuchungen wurden nur von einem Untersuchenden durchgeführt. Vor der Nachuntersuchung der Patienten in dieser Studie erfolgte eine Kalibrierung für die Erhebung der klinischen Parameter (Plaque-Index, ST, LG, PT, keratinisierte Gingiva) sowie für die radiologische Auswertung durch einen erfahrenen Fachzahnarzt für Oralchirurgie, um ein präzises Messverhalten zu optimieren. Trotzdem können unspezifische, tägliche Einflüsse den Untersuchenden beeinflussen, sodass die erhobenen Parameter fehlerbehaftet sein könnten. Diese Fehlerquelle lässt sich bei einem Untersuchenden nicht ausschließen. Um diese zu minimieren, wäre über einen weiteren Untersuchenden nachzudenken, der direkt nach der Erhebung der Parameter die Werte nochmals überprüft. Dies ist allerdings für den hier vorliegenden Studienaufbau untypisch und würde eine doppelte Belastung für die Patienten bedeuten.

Eine mögliche Fehlerquelle stellen die Aufnahmen der Röntgenbilder (OPG) dar, die für die Beurteilung des periimplantären Knochens benötigt werden. Für eine standardisierte Aufnahme muss die Einstellung der Patienten immer nach der gleichen Methode erfolgen, da es durch eine falsche Kopfpositionierung des Patienten zu einem veränderten Winkel der Okklusionsebene zur Horizontalen kommen kann¹¹⁴. Eine Neigung der Okklusionsebene um 10° kann signifikante Unterschiede einer linearen Messung ergeben. Deshalb sollte dies vermieden werden¹¹⁴.

Bei einem OPG kommt es zu einer Vergrößerung der Strukturen. Um die regionenabhängigen Vergrößerungen zu minimieren, wurde ein implantatspezifischer Vergrößerungsfaktor ermittelt. Dadurch sollen die Messergebnisse genauer werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die Implantate nicht immer senkrecht zum Röntgenstrahl positioniert sind, sodass die Implantatlänge im Röntgenbild nicht unbedingt der eigentlichen Implantatlänge entspricht. So kann es trotz des implantatspezifischen Vergrößerungsfaktors zu Ungenauigkeiten kommen. Die Messung des vertikalen Knochens mesial und distal unterliegt zudem den subjektiven Einflüssen des Untersuchenden.

Seit 2007 werden die Röntgenbilder in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie digital angefertigt. Davor gab es nur konventionell angefertigte OPGs. Diese Bilder wurden mittels eines geeigneten Scanners mit hoher Auflösung digitalisiert, und die Auswertung aller Bilder erfolgte über SIDEXIS XG an einem Befundungsmonitor. Der Vorgang des Digitalisierens der Röntgenbilder kann ebenfalls fehlerbehaftet sein, wenn die postoperativen Röntgenbilder beurteilt werden.

Die Beantwortung der Fragebögen durch die Patienten kann eine weitere mögliche Fehlerquelle darstellen, da der Wahrheitsgehalt der Aussagen der Patienten nicht überprüfbar ist. Um Wahrheitsungenauigkeiten zu minimieren, erfolgte die Beantwortung der Fragebögen zusammen mit dem Untersuchenden.

Eine standardisierte Methode für die Erfassung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität der in dieser Studie erfassten Patienten wurde nicht durchgeführt, da keine entsprechende Dokumentation prospektiv erfolgte. Der OHIP wäre eine solche Methode⁷⁹. Dieser Fragebogen gibt Auskunft über orofaziale Schmerzen, psychosoziale Einflüsse, orofaziale Ästhetik und orale Funktion¹⁴³. In der Studie von *Allen et al.*¹⁰ und in der Metaanalyse von *Terheyden et al.*¹⁶⁸ werden Aussagen der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Patienten mit Nichtanlage und erfolgter Implantation getroffen. Dort ist eine Verbesserung nach Implantation gegenüber der Situation vor Implantation zu verzeichnen^{10,168}.

6.2 Ergebnisdiskussion

6.2.1 Implantatposition

Vergleicht man die Implantatpositionen mit den Zähnen, die am häufigsten nicht angelegt sind, decken sich die Ergebnisse dieser Arbeit annähernd mit den Resultaten aus der Literatur. Dort ist es der zweite untere Prämolare mit der höchsten Prävalenz einer Nichtanlage, gefolgt von dem seitlichen oberen Schneidezahn und dem oberen zweiten Prämolaren^{126,56,125}. In der Nachuntersuchung von *Burns et al.*²⁶ wurde der obere seitliche Schneidezahn mittels dentaler Implantate am häufigsten ersetzt.

In dieser Arbeit ergeben sich folgende Verteilungen der Implantatpositionen: Regio 12 und 22 sind mit je n=17 am häufigsten ersetzt worden, gefolgt von Regio 35 mit n=14 und Regio 45 mit n=12. Regio 15 und 25 wurden mit je n=10 ersetzt.

Nicht mitberücksichtigt sind die 3. Molaren, die mit Abstand die höchste Prävalenz einer Nichtanlage aufweisen^{125,164}.

6.2.2 Mögliche Ursachen einer Nichtanlage

Um eine mögliche genetische Ursache für das Vorliegen einer Nichtanlage zu diagnostizieren, wurden die Patienten über ein Auftreten im Familienkreis (Eltern, Großeltern, Geschwister und Geschwister der Eltern) befragt. Bei 24 Patienten kam die dentale Aplasie in der Familie vor. Bei den restlichen 13 Patienten war kein Familienmitglied mit dentaler Aplasie bekannt. Eine gewisse Ungenauigkeit der Werte kann vorliegen, da nicht alle dieser 13 Patienten eine Nichtanlage in der Familie ausschließen konnten.

Die Entstehung einer dentalen Aplasie ist noch nicht vollständig geklärt¹²⁶. Ob es einen Zusammenhang zwischen einer Medikamenteneinnahme, einer Erkrankung, dem Aufenthaltsort oder der Ernährung zum Zeitraum der Mineralisation der Zähne gibt, konnte mit den Patientenangaben nicht ermittelt werden. Diese waren zu ungenau.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren zwei Patienten mit ektodermaler Dysplasie und zwei Patienten mit Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte in dem Patientenkollektiv. Bei diesen Vorerkrankungen besteht ein Zusammenhang mit dentaler Aplasie^{97,128,135}.

Die Versorgung der Patienten mittels dentaler Implantate bei LKG scheint erschwert, wenn die Insertion in der Spaltregion erfolgt⁹³. Vor Implantation wird ein Knochenaufbau empfohlen⁷⁶. *Krieger et al.*⁹³ schlussfolgern in Fällen von LKG die Implantatinsertion durch die anatomischen Verhältnisse als erschwert. Die

benachbarten Zähne der Spaltregion benötigen meist eine ästhetische Veränderung, weshalb die konventionelle Brücke die Behandlung der Wahl darstellt⁹³.

6.2.3 Überlebensrate und Erfolgskriterien

Überlebensrate

Am Ende des Untersuchungszeitraums lag der Implantatverlust bei 1,3% (n=2) und die Überlebensrate (In-Situ-Rate) des gesamten Patientenkollektivs bei 98,7% (n=153 von 155 Implantaten). Damit konnte die eingangs vorgestellte Hypothese verifiziert werden. Ein Implantatverlust fand nach sechs Monaten statt und ein weiterer nach 34 Monaten. Der erste Verlust war eine gescheiterte Osseointegration. Der Grund des zweiten Verlustes war eine Periimplantitis. Hier ist erwähnenswert, dass es sich bei diesem Implantat um ein Miniimplantat mit D2,9 und L11,5 handelte. Die Auswertung der Überlebensrate nach Kaplan-Meier ist bei den wenigen Explantation nicht repräsentativ, wegen zu geringer Fallanzahl.

Die Überlebensrate dentaler Implantate ist mitunter ein wichtiger Parameter und wird auch in ähnlichen Studien zum Thema Implantation bei dentaler Aplasie ermittelt. In den Publikationen der Metaanalyse von *Terheyden et al.*¹⁶⁸ wurden 19 Artikel zu diesem Thema betrachtet. Nach diesen rangierte die Überlebensrate zwischen 76,6% und 100%. Als Resultat seiner Literaturrecherche ermittelte der Autor durch den Datenvergleich eine Überlebensrate von 95,3%¹⁶⁸. Allerdings ist ein Vergleich zwischen den Studien wegen nicht homogener und unterschiedlicher Parameter erschwert, z.B. durch unterschiedliches Patientengut und Untersuchungszeiträume.

In der Studie von *Bergendal et al.*¹⁶ lag die Überlebensrate bei 76,6%. Es handelte sich um Patienten in einem Alter von 5-15 Jahren mit festgestellter ED, Aplasie oder einem Trauma.

Bei einem Patientengut von unter 18 Jahren konnten *Thilander et al.*¹⁶⁹ keinen Implantatverlust verzeichnen (Überlebensrate 100%). Vor Implantation wurde bei *Thilander et al.*¹⁶⁹ sichergestellt, dass alle bleibenden Zähne durchgebrochen waren (ohne Berücksichtigung der 3. Molaren).

Da bei Insertion dentaler Implantate in noch nicht ausgewachsenen Patienten Probleme wie Infrapositionen des Implantates entstehen können, wurde die Implantation in der hier vorgestellten Arbeit erst nach dem Abschluss des kranialen Knochenwachstums durchgeführt. Dafür erfolgte die Anfertigung eines speziellen Handröntgenbildes für die Handknochen-Analyse.

*Bacelli et al.*¹⁴ stellten für acht Oligodontiepatienten mit 60 Implantaten eine Überlebensrate von 96,6% fest. Zwei Implantate sind verloren gegangen.

Vergleicht man die Überlebensrate in dieser Arbeit (98,7%) mit den oben aufgeführten Daten, lässt sich das Ergebnis hier als günstig bewerten.

In dieser Arbeit liegt die Überlebensrate für den Unterkiefer bei 100% und für den Oberkiefer bei 97,3%. In dem Patientenkollektiv von *Finnema et al.*⁴⁷ beschrieben diese bei Oligodontiepatienten eine Überlebensrate von 96% für den Unterkiefer und 86% für den Oberkiefer.

In einer Studie von *Schwartz-Arad et al.*¹⁴⁹ ergibt sich eine Überlebensrate dentaler Implantate von 97,3%. Dabei handelt es sich um eine Implantatanzahl von 3609, bei denen ein Verlust von 99 Implantaten verzeichnet wurde. Eine weitere Studie von *Chuang et al.*³⁴ gibt die Überlebensrate dentaler Implantate nach Kaplan-Meier mit 95% an. Dabei handelt es sich um ein Patientenkollektiv von 677 und 2349 Implantaten. Die Größe der Patientenkollektive ist nicht vergleichbar mit den Patienten- und Implantatanzahlen in dieser Studie. Trotzdem ergeben sich ähnliche Überlebensraten.

Erfolgskriterien

Kritisch betrachtet wird die Beurteilung des Implantaterfolges. Dabei ist anzumerken, dass in vielen Studien zum Thema Implantation bei Nichtanlage der Erfolg nicht betrachtet wird¹⁶⁸. Ein Vergleich dieser Arbeit mit anderen Ergebnissen ist außerdem dadurch erschwert, dass der Implantaterfolg unterschiedlich definiert wird. Die Artikel, die eine Aussage über den Erfolg treffen, wenden selbst definierte Kriterien^{165,167} an oder es wird nur das marginale Knochenlevel für den Implantaterfolg beurteilt⁵⁸. *Sweeney et al.*¹⁶⁵ beschrieben mittels eigendefinierter Kriterien einen Implantaterfolg von 67,2%. *Zarone et al.*¹⁸⁷ ermittelten ebenfalls über selbstdefinierte Kriterien einen Erfolg von 94,1%. Keine der Erfolgskriterien, die in den Metaanalysen sowie in den Publikationen herangezogen wurden, richten sich nach den in der allgemeinen Literatur definierten Kriterien. In dieser Arbeit wird der Implantaterfolg anhand der Erfolgskriterien von *Buser* (1990) und *Albrektsson* (1986) bewertet. Obwohl diese Kriterien schon lange definiert sind, wurden sie bisher in anderen Studien zu diesem Thema nicht herangezogen.

Es fand die Beurteilung des Erfolges nach *Buser* und nach *Albrektsson* statt, um eine Abweichung des Implantaterfolges bei identischem Patientenkollektiv, durch die zwei unterschiedlichen Definitionen zu betrachten.

Da die Überlebensrate nur das Fehlen eines Implantates zu Implantat in situ beurteilt und die Kaplan-Meier-Kurve zusätzlich den genauen Zeitpunkt des Verlustes beschreibt, werden implantatbezogene Faktoren, wie die Funktionalität und das periimplantäre Hart- und Weichgewebe, nicht mitberücksichtigt. Die Erfolgskriterien

schließen diese implantatbezogenen Faktoren teilweise mit ein. Dabei handelt es sich v.a. um Negativkriterien, bei denen das „(...) Fehlen oder Ausbleiben für einen Erfolg Bedingung ist und bei deren Auftreten ein Misserfolg konstatiert werden muss“¹¹².

Buser betrachtet das Implantat in situ, und es wird die Mobilität des Implantates überprüft. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung war kein Implantat locker.

Der periimplantäre Knochen wurde über das Röntgenbild beurteilt, wobei der vertikale Knochenverlust in der Erfolgsbeurteilung keinen relevanten Faktor darstellt. Es wird nur eine persistierende Radioluzenz als Misserfolg gewertet. Es gibt einen Patienten mit LKG, bei dem eine persistierende Radioluzenz um die inserierten Implantate nahe der Spaltregion vorliegt. Diese Implantate bleiben vorläufig in situ. Es erfolgt eine engmaschige Kontrolle der Situation.

Die Beurteilung einer putriden (eitrigen) Infektion konnte nur über die Sondierung des Sulkus mit Pusaustritt dokumentiert werden. Die Höhe der ST mit provozierter Blutung ist bei den Kriterien nach *Buser* nicht relevant.

Ein Ausbleiben von Schmerzen, Fremdkörpergefühl und Dysästhesie gilt als erfolgreich. Bei einem Patienten ist ein Taubheitsgefühl der Lippe nach Implantation aufgetreten. Da keines der Implantate stillgelegt wurde, bestand bei allen Implantaten die Möglichkeit einer prothetischen Versorgung.

Mit den beiden explantierten Implantaten liegen insgesamt fünf Misserfolge nach *Buser* vor. Dadurch ergibt sich am Ende des Beobachtungszeitraums ein Implantaterfolg von 96,8%. Die kumulierte Erfolgsrate nach Kaplan-Meier nach 189 Monaten beträgt 96%. Da bei der „Input-Output-Statistik“¹¹² der „liegezeitbezogene Effekt“¹¹² unberücksichtigt bleibt, wird die Erfolgszeitanalyse nach Kaplan-Meier bestimmt. Der Wert der Kaplan-Meier-Kurve fällt wegen der Betrachtung des genauen Zeitpunktes der Explantation niedriger aus. Die kumulierte 5-Jahres-Erfolgsrate liegt bei 97,9%.

Albrektsson beurteilt ebenfalls das Implantat in situ. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung soll das Implantat nicht gelockert sein.

Neben der radiologischen Beurteilung einer periimplantären Transluzenz wird der vertikale Knochenverlust bewertet. Der jährlich maximal stattfindende Knochenverlust soll weniger als 0,2 mm/Jahr nach dem ersten Jahr unter Belastung betragen. Eine zeitliche Limitierung des Knochenverlustes (in Jahren) wird in den Kriterien nicht genannt und ist deshalb kritisch zu betrachten. Nach einer bestimmten Zeit würde theoretisch der vertikale Knochenabbau dem der Implantatlänge entsprechen.

Als Ausgangssituation dient das postoperative Röntgenbild direkt nach Implantation, da eine radiologische Aufnahme zum Zeitpunkt der Eingliederung der Prothetik nicht

vorlag. Über die in 4.3.2 genannte Formel wird der vertikale Knochenabbau bewertet, wobei es sich dabei um den physiologischen Knochenabbau handelt. Im ersten Jahr soll maximal nicht mehr als ein Verlust von 1,5 mm^{7,188} vorliegen, und in jedem darauffolgenden Jahr soll der Verlust nicht mehr als maximal 0,2 mm betragen. Liegt der radiologisch gemessene Wert unter dem Ergebnis der Formel, ist der Knochenabbau nicht auffällig und damit physiologisch. Da die Betrachtung des Knochenabbaus nicht nach Belastung des Implantates erfolgt, sondern schon früher, wird der periimplantäre Knochen kritischer beurteilt, da auch nach Implantation marginaler Knochenverlust auftreten kann, begründet durch die subcrestale Insertion der Implantate⁶² sowie das zu nahe Platzieren zweier Implantate nebeneinander¹⁶⁷. Der vertikale Knochenverlust, ermittelt durch den Vergleich von postoperativem Röntgenbild direkt nach Implantation mit dem der Nachuntersuchung, wird ebenfalls in anderen Studien bewertet^{48,25}. Insgesamt zeigen 15 Implantate im Röntgenbild einen vertikalen Knochenabbau, verglichen mit dem physiologischen Wert aus der Formel.

Die genaue Definition einer Infektion wird von *Albrektsson* nicht beschrieben. Für diese Arbeit gilt bei einem Vorliegen aller Anzeichen einer Periimplantitis (ST \geq 4 mm, BoP, und/oder Austritt von Pus, vertikaler Knochenverlust), dass eine Infektion vorliegt.

Schmerzen oder Parästhesien durch ein Implantat werden dokumentiert. Die Verletzung des Mandibularkanals wird radiologisch überprüft.

Mit den explantierten Implantaten sind es insgesamt $n=18$, bei denen mindestens ein Kriterium nach *Albrektsson* nicht erfüllt wird und somit kein Erfolg vorliegt. Deshalb liegt in dieser Arbeit ein Erfolg nach *Albrektsson* von 88,4% vor. Betrachtet man die kumulierte Erfolgsrate nach Kaplan-Meier nach 189 Monaten (15,75 Jahre), liegt diese bei 61,1%. Da bei der Auswertung nach Kaplan-Meier der genaue Zeitpunkt des Misserfolges relevant ist, liegt deren Erfolgsrate am Ende des Beobachtungszeitraums deutlich niedriger, verglichen mit dem Implantaterfolg, der durch den Quotienten von allen nicht erfolgreichen Implantaten zur Gesamtanzahl der Implantate ermittelt wird.

Im Vergleich mit den nach *Albrektsson* bestimmten Erfolgsraten (85% bei einer Beobachtungszeit von fünf Jahren, 80% bei einer zehnjährigen Beobachtungszeit) betragen nach Kaplan-Meier die 5-Jahres-Erfolgsrate in dieser Studie 98% und die 10-Jahres-Erfolgsrate 95%. Diese Ergebnisse entsprechen den Angaben von *Albrektsson*.

Abhängig von den angewendeten Kriterien fällt der Implantaterfolg unterschiedlich aus. Insgesamt sind es fünf Implantate, die einen Misserfolg nach *Buser* verzeichnen, zwei Implantate auf Grund von Explantation, zwei weitere wegen einer Radioluzenz und ein weiteres wegen einer Parästhesie nach Implantatinsertion. Nach den *Albrektsson*-Kriterien liegt ein geringerer Erfolg vor. Für das untersuchte Patientenkollektiv sind

zusätzlich 13 weitere Implantate erfolglos, sodass insgesamt 18 Implantate keinen Erfolg zeigten. Im Gegensatz zu den Kriterien nach *Buser* werden bei *Albrektsson* der vertikale Knochen sowie das Vorliegen einer Infektion (Periimplantitis) beurteilt. Dadurch wird das periimplantäre Hart- und Weichgewebe strenger bewertet, was den geringeren Erfolg erklärt.

Die subjektive Einschätzung des Patienten bezogen auf das Implantat und die Implantation ist in beiden oben aufgeführten Bewertungssystemen nicht angeführt. Die Erfolgskriterien nach *Jahn* und *d'Hoedt* (1992) sind die einzigen, die die Patientenzufriedenheit berücksichtigen⁷⁵. Autoren wie *Buch* und *Weibrich* kritisieren, dass neben der Beurteilung des Hart- und Weichgewebes auch eine subjektive Einschätzung des Patienten Gegenstand des Implantaterfolges sein sollte²⁵. „Während vor etwa 30 Jahren noch primär klinisch messbare Parameter im Interesse der Forschung zur Erfassung krankheitsbezogener Beeinträchtigungen und Bewertung von Therapieerfolgen standen, ist heute zunehmend die Erfassung der Wahrnehmung durch den Patienten in den Fokus gerückt“¹⁴³. Aus diesem Grund sollte in zukünftig definierten Erfolgskriterien die Patientenzufriedenheit berücksichtigt werden.

6.2.4 Klinische Parameter

Die klinischen Ergebnisse, wie vertikaler Knochenabbau, Sondierungstiefe, Plaque-Index und BoP, können anhand ähnlicher Studien verglichen werden.

Die Daten zum Periotest[®], dem Lockerungsgrad oder der keratinisierten Gingiva um das Implantat können nicht mit den anderen Studien diskutiert werden, da keine der Publikationen sich mit diesen Parametern beschäftigte.

Vertikaler Knochenverlust

Über den Vergleich des postoperativen Röntgenbildes nach Implantation mit dem der Nachuntersuchung konnte ein Knochenverlust von 0-0,5 mm bei 33 Implantaten und bei 103 Implantaten ein Knochenverlust von 0,5-3,5 mm gemessen werden. Mehr als 3,5 mm Knochenabbau zeigte sich bei 17 Implantaten.

*Finnema et al.*⁴⁷ dokumentierten bei 13 Oligodontiepatienten einen marginalen Knochenverlust von 1,6 mm ± 0,9 mm nach einem Untersuchungszeitraum von drei Jahren. *Zarone et al.*¹⁸⁷ stellten bei 30 Patienten und 34 Implantaten nach 24 Monaten einen marginalen Knochenverlust von 1,2 mm ± 0,61 mm fest. Bei einem Beobachtungszeitraum von drei bis fünf Jahren beschrieben *Zou et al.*¹⁸⁸ in drei Patientenfällen einen marginalen Knochenverlust von mehr als 5 mm. Diese Verluste waren mit den klinischen Anzeichen einer Periimplantitis verknüpft.

Die in der Literatur dokumentierten Ergebnisse sind ähnlich denen in dieser Arbeit. Elf der 17 Implantate, die einen größeren Verlust als 3,5 mm aufwiesen, zeigten Anzeichen einer Periimplantitis.

Sondierungstiefen

In dieser Arbeit wurden ST <4 mm bei 129 Implantaten und >4 mm bei 24 Implantaten gemessen.

*Finnema et al.*⁴⁷ beschrieben zehn Implantate, die Sondierungstiefen von >4 mm zeigten. Neun dieser zehn Implantate wiesen Anzeichen einer Entzündung auf. Die ST des Patientenkollektivs von *Zarone et al.*¹⁸⁷ zeigten Werte über 4 mm. *Grecchi et al.*⁵⁸ haben keine ST erhoben mit der Begründung, dass die Korrelation zwischen der ST und dem Implantaterfolg kontrovers diskutiert wird.

Blutung auf Sondierung

In dieser Arbeit wurde beurteilt, ob eine Blutung auf Sondierung zu provozieren ist (Ja/Nein). Eine Blutung auf Sondierung lag bei 60 Implantaten (39,2%) vor.

Bei *Finnema et al.*⁴⁷ wurde der Blutungs-Index nach Mombelli herangezogen. Die Einteilung des Index' erfolgte in vier Grade. Bei mehr als der Hälfte (76,9%) der Implantate war eine Blutung auf Sondierung zu provozieren.

Die Blutung auf Sondierung wurde bei *Hosseini et al.*⁶⁸ ebenfalls mittels des Blutungs-Index' nach Mombelli beurteilt. Dabei rangierte der Index zwischen Grad 0 und Grad 2, bei einem Median von null Grad.

*Zou et al.*¹⁸⁸ bewertete die Blutung ebenfalls mittels des Index' nach Mombelli. Drei bis fünf Jahre nach Beobachtungsbeginn zeigte sich an 84% der Implantate keine Blutung auf Sondierung (Grad 0).

Plaque-Index

Bei mehr als der Hälfte (n=86, 56,2%) der in dieser Arbeit untersuchten Implantate war Plaque vorhanden. Eine genauere Kategorisierung erfolgte über den modifizierten Plaque-Index nach Mombelli. Keine Plaque (Grad 0) gab es bei 43,8% (n=67). Eine Ansammlung von Plaque, nur durch Sondierung sichtbar (Grad 1), lag bei 31,4% (n=48) vor. Eine sichtbare Plaqueablagerung (Grad 2) war bei 20,9% (n=32) festzustellen und eine massive Plaqueablagerung (Grad 3) bei 3,9% (n=6).

*Finnema et al.*⁴⁷ beurteilten den Plaque-Index nach Sillness und Löw. Dies ist auch ein Index mit vier Graden. Dort hatten ebenfalls mehr als die Hälfte der untersuchten Patienten (61,5%) Plaqueansammlungen. Reichliche Plaque (Grad 3) lag bei 3,8% vor⁴⁷. *Zarone et al.*¹⁸⁷ beurteilten die Ansammlung von Plaque ebenfalls mit dem Index

nach Löw. Nach 24 Monaten zeigten 27 von 33 Implantaten keine Plaque¹⁸⁷. Der modifizierte Plaque-Index nach Mombelli findet bei *Hosseini et al.*⁶⁸ Verwendung. Es wurde angegeben, dass der Index zwischen den Graden 0 und 2 rangierte. Der Median lag bei Grad 0⁶⁸.

Bei dieser Untersuchung zeigten elf Implantate Anzeichen einer Periimplantitis. Bei diesen Implantaten lag eine Plaqueansammlung vor. Die Patienten reinigten ihre Zähne zweimal pro Tag. Zwei der drei Patienten mit Periimplantitis haben keine professionelle Zahnreinigung pro Jahr durchführen lassen.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Resultate in der Literatur bezüglich der oben genannten Parameter (ST, BoP und Plaque-Index) in ähnlichem Rahmen liegen, wie die Ergebnisse dieser Arbeit.

6.2.5 Patientenzufriedenheit

Kritisch betrachtet wird die subjektive Einschätzung der Patienten. Im Rahmen der Erfolgskriterien kommt die Patientenzufriedenheit immer mehr in die Diskussion²⁵. Zwei Publikationen befassen sich mit der Meinung der Patienten zum Thema Implantation bei Nichtanlage.

*Finnema et al.*⁴⁷ beurteilten die Zufriedenheit der Patienten anhand einer zehn Punkteskala (1 sehr schlecht, 10 exzellent). Die Ergebnisse zeigen, dass die Patienten zufrieden (7-9 Punkte) und selbstbewusster waren⁴⁷.

In der Studie von *Zou et al.*¹⁸⁸ untersuchten diese ebenfalls die Patientenzufriedenheit. Es wurde nach ästhetischen Aspekten, der Funktion des Zahnersatzes, dem Komfort des Zahnersatzes und dem Sprachvermögen gefragt. Die Bewertung geht von einer Skala von null bis zwei (0=unzufrieden, 2=sehr zufrieden) aus. Keiner der Patienten zeigte eine Unzufriedenheit nach der Implantatversorgung¹⁸⁸.

In dieser Arbeit beurteilten die Patienten in den Fragebögen die allgemeine Zufriedenheit, die Kaufunktion, das Sprachvermögen und die Ästhetik. Die Bewertung erfolgte nach dem System der deutschen Schulnoten. In diesen Kategorien war keine Note schlechter als befriedigend. Die Ausnahme stellte ein Patient dar, der die Schulnote mangelhaft in der Kategorie Ästhetik vergab, da das Implantatmaterial durch die Schleimhaut schimmerte.

Die Patientenzufriedenheit kann auch in dieser Arbeit als sehr zufriedenstellend beurteilt werden und würde bei Einbezug in die Erfolgskriterien den Implantaterfolg positiv beeinflussen.

6.3 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen eine hohe Überlebensrate der dentalen Implantate bei Nichtanlage von 98,7%. Die anfangs beschriebene Hypothese wurde verifiziert. Das Vorliegen einer dentalen Aplasie ist kein Risikofaktor für einen Implantatverlust. Die Beurteilung des Erfolges dentaler Implantate ist abhängig von den angewendeten Kriterien und benötigt deshalb eine genauere Betrachtung. Der Implantaterfolg nach *Buser* liegt bei 96,8%. Da der vertikale Knochenabbau in diesen Kriterien unberücksichtigt bleibt, fällt der Erfolg nach *Albrektsson* deutlich schlechter aus und liegt bei 88,4%.

Diese Diskrepanz kommt durch die unterschiedliche Definition der Erfolgskriterien und deren Parametern zustande. Deshalb ist ein Vergleich zwischen den Angaben der Literatur und der hier vorliegenden Arbeit aufgrund der unterschiedlichen Definitionen des Erfolges erschwert. Für zukünftige Studien und Arbeiten, die sich mit dem Implantaterfolg generell auseinandersetzen, wäre wünschenswert, sich auf einen Konsens zu einigen. Die in der allgemeinen Literatur definierten Erfolgskriterien, wie die nach *Buser* oder *Albrektsson*, betrachten das periimplantäre Hartgewebe unterschiedlich genau, wobei bei *Buser* das periimplantäre Weichgewebe unberücksichtigt bleibt.

Die Beurteilung der prothetischen Versorgung wird nach *Buser* und *Albrektsson* außer Acht gelassen und sollte in zukünftigen Erfolgsbeschreibungen berücksichtigt werden. Da die Patientenzufriedenheit an Bedeutung zunimmt, sollte diese ebenfalls in die Erfolgskriterien eingebracht werden, auch wenn es sich um die subjektive Einschätzung des Patienten handelt. Weder *Buser* noch *Albrektsson* berücksichtigen die Patientenzufriedenheit.

Eine zukünftige Erfolgsbeurteilung könnte sich mittels eines Scores (Punktesystem) darstellen lassen, in dem die unterschiedlichen Kriterien verschieden stark gewichtet werden: klinische Parameter, radiologische Parameter, Prothetik und Patientenzufriedenheit. Eine Einteilung des Implantaterfolges könnte somit in verschiedenen Stufen vorgenommen werden (sehr gut, mittel, schlecht), sodass nicht gleich ein Misserfolg zugesprochen wird, wenn ein Implantat beispielsweise keine guten klinischen oder radiologischen Ergebnisse zeigt oder die Patientenzufriedenheit eingeschränkt ist.

Generell lassen sich für diese Arbeit die Überlebensrate sowie die Erfolgsrate dentaler Implantate bei Nichtanlage als hoch bewerten und stellen eine gute Therapiemöglichkeit bei dentaler Aplasie dar.

7 Zusammenfassung

Das Ziel dieser retrospektiven Arbeit war es, die Überlebens- und Erfolgsrate von inserierten Implantaten bei dentaler Aplasie zu evaluieren. Dabei erfolgte die Auswertung des Implantaterfolgs nach den anerkannten Kriterien von *Albrektsson* (1986) und *Buser* (1990).

43 Patienten mit dentaler Aplasie wurden von November 2000 bis September 2015 mit 165 dentalen Implantaten in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie (Abteilungsleiter Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt) des Universitätsklinikums Gießen, versorgt. Für die Nachuntersuchung standen 37 Patienten und 155 Implantate zur Verfügung, davon 21 Frauen und 16 Männer in einem Alter von 17 bis 54 Jahren (medianes Durchschnittsalter 28 Jahre). Das Alter bei der Implantatinsertion lag zwischen 17 und 44 Jahren (medianes Durchschnittsalter 20 Jahre).

Die klinische Untersuchung umfasste die Parameter Plaque-Index, Sondierungstiefen, Blutung auf Sondierung, Lockerungsgrad, Periotest[®], Vorliegen von keratinisierter Gingiva, Vorliegen einer Infektion und Implantatverlust. Für die radiologische Untersuchung wurde von jedem Patienten eine Panoramaschichtaufnahme angefertigt, um das periimplantäre Knochenniveau zu analysieren. Die Patientenzufriedenheit wurde dokumentiert und umfasst die Kaufunktion, das Sprechvermögen, die ästhetischen Aspekte und die allgemeine Zufriedenheit.

Bei den 37 nachuntersuchten Patienten lag bei zwei dieser Patienten eine ektodermale Dysplasie vor, zwei weitere hatten eine Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte, neun Patienten eine Oligodontie und 24 eine Hypodontie. Insgesamt wurden 155 Implantate in beiden Kiefern inseriert; 86 im Oberkiefer und 69 im Unterkiefer. Zwei Implantate im Oberkiefer mussten explantiert werden. Dabei ergab sich eine Überlebensrate dentaler Implantate für den Oberkiefer von 97,7% und für den Unterkiefer von 100%. Insgesamt betrug die Überlebensrate der dentalen Implantate 98,7%. Die Erfolgsrate nach *Buser* betrug 96,8%, während die Erfolgskriterien nach *Albrektsson* eine Erfolgsrate von 88,4% ergaben. Der Grund für das schlechtere Ergebnis nach den *Albrektsson*-Kriterien war die Bewertung des marginalen Knochenverlustes um das Implantat.

Die allgemeine Zufriedenheit der Patienten bei der Nachuntersuchung war sehr hoch. Alle Patienten konnten sich normal ernähren und testierten eine gute Kaufähigkeit. Das Sprechvermögen zeigte sich für alle Patienten akzeptabel. Das ästhetische Ergebnis war nur für einen Patienten (2,7%) nicht zufriedenstellend.

Die Überlebens- und Erfolgsrate dentaler Implantate bei Patienten mit dentaler Aplasie ist als hoch zu bewerten und unterscheidet sich nicht signifikant von ähnlichen Studien.

Eine Nichtanlage von Zähnen kann deshalb nicht als ein Risikofaktor für eine Implantation angesehen werden.

8 Summary

The aims of the retrospective study were to evaluate the implant survival and success rate in patients with tooth agenesis. The assessment of implant success was based on the criteria of *Albrektsson* (1986) and *Buser* (1990).

Forty-three patients were selected with tooth agenesis and had been treated with 165 dental implants from November 2000 to September 2015 in the Department of Maxillofacial Surgery and the Department of Prosthetic Dentistry of the University Hospital Giessen (Director Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt). For the follow-up examination, 37 patients and 155 implants were available: 21 females and 16 males between the ages of 17 to 54 years (median age 28 years). The age at implant placement ranged from 17 to 44 years (median age 20 years).

The clinical examination included parameter such as plaque index, pocket probing depth, bleeding on probing, mobility, Periotest[®], present of keratinized gingiva, infection and implant loss. Radiographical examination using a panoramic x-ray, is made of each patient to analyse the peri-implant bone level. Patient's satisfaction was documented and covered chewing ability, pronunciation ability, esthetic aspects and general satisfaction.

Out of the 37 patients, two were diagnosed with ectodermal dysplasia, another two with cleft lip and palate, nine with oligodontia and 24 with hypodontia. 155 implants were placed in both jaws; 86 in the maxilla and 69 in the mandible. Two implants had to be explanted, both in the upper jaw. The implant survival rate for the maxilla was 97.7% and for the mandible 100%. Altogether, the implant survival rate was 98.7%. The success rate according to *Buser et al.* is 96.8% while *Albrektsson et al.* success criteria result in 88.4%. The reason for a low outcome in the *Albrektsson* criteria was the evaluation of the marginal bone loss around the implant.

The patient's general satisfaction was high in the follow-up examination. All patients could eat normal diet with a good chewing ability. The pronunciation ability was for all patients acceptable. The esthetic outcome was unsatisfied for only one patient (2.7%). The survival and success rate of dental implants in patients with dental agenesis is high and not significantly different from other implant studies. Dental agenesis cannot be considered as a risk factor for dental implantation.

9 Abkürzungs-, Abbildungs-, Tabellenverzeichnis

9.1 Abkürzungsverzeichnis

ED	Ektodermale Dysplasie
LKG	Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte
MSX1	Muscle segment homeobox-Protein 1
PAX9	Paired-Box-Gen 9
AXIN2	Axis inhibition Protein 2
EDA	Ektodysplasie-A
EDARADD	EDAR-associated death domain gene
KRT17	Keratin 17
NEMO	NF-kB-essential modulator-Protein
NIH	National Institute of Health
ST	Sondierungstiefe
BoP	Bleeding on Probing, Blutung auf Sondierung
Er:YAG-Laser	Erbium Yttrium-Aluminium-Granat-Laser
CT	Computertomographie
P2	zweiter Prämolare
I2	seitlicher Schneidezahn
OK	Oberkiefer
UK	Unterkiefer
Sz	Seitenzahn
HE	Hounsfield-Einheiten
OHIP	Oral Health Impact Profile
OPG	Orthopantomogramm
PZR	professionelle Zahnreinigung
L	Implantatlänge
D	Implantatdurchmesser
J	Jahre

9.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Osseointegration: a reality	11
Abbildung 2 Zeitliche Abfolge, die bei der Insertion enossaler Implantate stattfindet .	16
Abbildung 3 Darstellung des Kieferkamms des unteren P2.	21
Abbildung 4 Darstellung des zahnlosen Kieferkamms des oberen I2.....	22
Abbildung 5 Klassifikation der Resorptionsgrade des zahnlosen Kiefers	23
Abbildung 6 Klassifizierung der Knochenqualität	24
Abbildung 7 Darstellung der Messung des periimplantären Knochenverlustes.	40
Abbildung 8 Patientenfall.....	44
Abbildung 9 Patientenfall.....	44
Abbildung 10 Patientenfall.....	45
Abbildung 11 Patientenfall.....	45
Abbildung 12 Patientenfall.....	46
Abbildung 13 Patientenfall.....	46
Abbildung 14 Patientenfall.....	47
Abbildung 15 Patientenfall.....	47
Abbildung 16 Patientenfall.....	48
Abbildung 17 Patientenfall.....	48
Abbildung 18 Alter der Patienten.....	50
Abbildung 19 Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation.....	51
Abbildung 20 Implantatposition.....	55
Abbildung 21 Alter der Implantate	57
Abbildung 22 Überlebensfunktion – Überlebensrate nach Kaplan-Meier.	59
Abbildung 23 Periotest [®] -Werte.	63
Abbildung 24 Allgemeine Zufriedenheit	65
Abbildung 25 Kaufunktion.....	66
Abbildung 26 Sprechvermögen	67
Abbildung 27 Ästhetik.....	68
Abbildung 28 Mechanische Reinigung der Zähne pro Tag	69
Abbildung 29 Besseres Lebensgefühl	70
Abbildung 30 Familiäre Häufigkeit einer dentalen Aplasie	71
Abbildung 31 Implantaterfolg nach <i>Buser</i>	74
Abbildung 32 Überlebensfunktion.....	75
Abbildung 33 Implantaterfolg nach <i>Albrektsson</i>	77
Abbildung 34 Überlebensfunktion.....	78

9.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Qualitätsklassen nach <i>Misch</i>	25
Tabelle 2 „Bezugnahme auf Problematik und praktisch-klinische Behandlungsabläufe aus implantologischer Sicht“ ¹⁵⁹	26
Tabelle 3 Klassifizierung der Knochenqualität in Hounsfield Einheiten	26
Tabelle 4 Überblick über das gesamte Patientenkollektiv	43
Tabelle 5 Die Anzahl der Patienten pro Jahr, die Implantate bei Nichtanlage erhalten haben.....	49
Tabelle 6 Geschlechterverteilung der Patienten	50
Tabelle 7 Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.....	51
Tabelle 8 Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Implantation	51
Tabelle 9 Allgemeinzustand und Nikotinkonsum der Patienten.....	52
Tabelle 10 Einteilung des Nikotinkonsums pro Tag	52
Tabelle 11 Anzahl der Patienten und Implantate mit Augmentation	53
Tabelle 12 Anzahl der Patienten und Implantate je nach Art der Augmentation.....	53
Tabelle 13 Zeitlicher Abstand zwischen erfolgter Augmentation und Implantation	54
Tabelle 14 Verteilung der Implantate entsprechend des verwendeten Implantatsystems.....	56
Tabelle 15 Das Alter der Implantate in Jahren	57
Tabelle 16 Explantation der dentalen Implantate bei dentaler Aplasie.....	58
Tabelle 17 Überlebensrate dentaler Implantate bei dentaler Aplasie je Kiefer	58
Tabelle 18 Überlebensrate für jedes Implantatsystem	58
Tabelle 19 Prothetische Versorgung der inserierten Implantate.....	60
Tabelle 20 Prothetische Komplikationen.....	60
Tabelle 21 Die Anwesenheit von Plaque an den Implantaten	61
Tabelle 22 Modifizierter Plaque-Index nach Mombelli.....	61
Tabelle 23 Maximale Sondierungstiefe.....	62
Tabelle 24 BoP der Implantate bei Nichtanlage	62
Tabelle 25 Lockerungsgrad	63
Tabelle 26 Anwesenheit von keratinisierter Gingiva um das dentale Implantat	64
Tabelle 27 Periimplantärer Knochenabbau in Millimeter	64
Tabelle 28 Die Anzahl der professionellen Zahnreinigungen pro Jahr	69
Tabelle 29 Aufenthaltsort während der Mineralisationszeit von Zähnen	72
Tabelle 30 Die einzelnen Erfolgskriterien nach <i>Buser</i>	73
Tabelle 31 Die einzelnen Erfolgskriterien nach <i>Albrektsson</i>	76

10 Literaturverzeichnis

1. Adell R., Lekholm U., Rockler B., Branemark P.I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *International Journal of Oral Surgery*; 10: 387–416; 1981.
2. Aizenbud D., Camasuvi S., Peled M., Brin I. Congenitally missing teeth in the Israeli cleft population. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*; 42: 314–317; 2005.
3. Akhlef Y., Schwartz O., Andreasen J.O., Jensen S.S. Autotransplantation of teeth to the anterior maxilla. A systematic review of survival and success, aesthetic presentation, and patient-reported outcome. *Dental Traumatology*; 34(1): 20–27; 2018.
4. Al Shayeb K.N., Turner W., Gillam D.G. In-vitro accuracy and reproducibility evaluation of probing depth measurements of selected periodontal probes. *The Saudi Dental Journal*; 26: 19–24; 2014.
5. Albrektsson T., Brånemark P.-I., Hansson H.-A., Lindström J. Osseointegrated Titanium Implants. Requirements for Ensuring a Long-Lasting, Direct Bone-to-Implant Anchorage in Man. *Acta Orthopaedica Scandinavica*; 52: 155–170; 1981.
6. Albrektsson T., Dahlin C., Jemt T., Sennerby L., Turri A., Wennerberg A. Is marginal bone loss around oral implants the result of a provoked foreign body reaction? *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 16: 155–165; 2014.
7. Albrektsson T., Isidor F. Consensus Report of Session IV. in Lang N. P., Karring T. Proceedings of the 1st European workshop on periodontology; London: Quintessence, 365-368, 1994.
8. Albrektsson T., Jacobsson M. Bone-metal interface in osseointegration. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 57: 597–607; 1987.
9. Albrektsson T., Zarb G., Worthington P., Eriksson A.R. The long-term efficacy of currently used dental implants. A review and proposed criteria of success. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 1: 11–25; 1986.
10. Allen P.F., Lee S., Brady P. Clinical and subjective evaluation of implants in patients with hypodontia: a two-year observation study. *Clinical Oral Implants Research*; 28: 1258–1262; 2017.
11. Araujo M.G., Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology*; 32: 212–218; 2005.
12. Atwood D.A. Reduction of residual ridges. A major oral disease entity. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 26: 266–279; 1971.
13. Atwood D.A. Bone loss of edentulous alveolar ridges. *Journal of Periodontology*; 50: 11–21; 1979.

14. Becelli R., Morello R., Renzi G., Dominici C. Treatment of oligodontia with endosseous fixtures. Experience in eight consecutive patients at the end of dental growth. *The Journal of Craniofacial Surgery*; 18: 1327–1330; 2007.
15. Bergendal B. When should we extract deciduous teeth and place implants in young individuals with tooth agenesis? *Journal of Oral Rehabilitation*; 35 (Suppl 1): 55–63; 2008.
16. Bergendal B., Ekman A., Nilsson P. Implant failure in young children with ectodermal dysplasia. A retrospective evaluation of use and outcome of dental implant treatment in children in Sweden. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 23: 520–524; 2008.
17. Bergendal B., Klar J., Stecksén-Blicks C., Norderyd J., Dahl N. Isolated oligodontia associated with mutations in EDARADD, AXIN2, MSX1, and PAX9 genes. *American Journal of Medical Genetics. Part A*; 155A: 1616–1622; 2011.
18. Bertl K., Bertl M.H., Heimel P., Burt M., Gahleitner A., Stavropoulos A., Ulm C. Alveolar bone resorption after primary tooth loss has a negative impact on straightforward implant installation in patients with agenesis of the lower second premolar. *Clinical Oral Implants Research*; 29: 155–162; 2018.
19. Bertl K., Grotthoff V.S., Bertl M.H., Heimel P., Gahleitner A., Ulm C., Stavropoulos A. A wide mesio-distal gap in sites of congenitally missing maxillary lateral incisors is related to a thin alveolar ridge. *Clinical Oral Implants Research*; 28: 1038–1045; 2017.
20. Böhn A. Dental anomalies in harelip and cleft palate. *Acta Odontologica Scandinavica*; 21: Suppl 38:1-109; 1963.
21. Botelho M.G., Chan A.W.K., Leung N.C.H., Lam W.Y.H. Long-term evaluation of cantilevered versus fixed-fixed resin-bonded fixed partial dentures for missing maxillary incisors. *Journal of Dentistry*; 45: 59–66; 2016.
22. Bragger U., Aeschlimann S., Burgin W., Hammerle C.H., Lang N.P. Biological and technical complications and failures with fixed partial dentures (FPD) on implants and teeth after four to five years of function. *Clinical Oral Implants Research*; 12: 26–34; 2001.
23. Brånemark P.-I., Breine U., Adell R., Hansson B.O., Lindström J., Ohlsson Å. Intra-Osseous Anchorage of Dental Prostheses. I. Experimental Studies. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery*; 3: 81–100; 1969.
24. Bryant S.R. The effects of age, jaw site, and bone condition on oral implant outcomes. *The International Journal of Prosthodontics*; 11: 470–490; 1998.
25. Buch R.S.R., Weibrich G., Wagner W. Erfolgskriterien in der Implantologie. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie: MKG*; 7: 42–46; 2003.
26. Burns B., Grieg V., Bissell V., Savarrio L. A review of implant provision for hypodontia patients within a Scottish referral centre. *British Dental Journal*; 223: 96–99; 2017.
27. Buser D., Martin W., Belser U.C. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla. Anatomic and surgical considerations. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 19 (Suppl): 43–61; 2004.

28. Buser D., Weber H.-P., Lang N.P. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clinical Oral Implants Research*; 1: 33–40; 1990.
29. Capelli M. Autogenous bone graft from the mandibular ramus. A technique for bone augmentation. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*; 23: 277–285; 2003.
30. Celar A.G., Durstberger G., Zauza K. Use of an individual traction prosthesis and distraction osteogenesis to reposition osseointegrated implants in a juvenile with ectodermal dysplasia. A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 87: 145–148; 2002.
31. Charalampakis G., Leonhardt Å., Rabe P., Dahlén G. Clinical and microbiological characteristics of peri-implantitis cases: a retrospective multicentre study. *Clinical Oral Implants Research*; 23: 1045–1054; 2012.
32. Chrcanovic B.R., Albrektsson T., Wennerberg A. Reasons for failures of oral implants. *Journal of Oral Rehabilitation*; 41: 443–476; 2014.
33. Chrcanovic B.R., Albrektsson T., Wennerberg A. Smoking and dental implants. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*; 43: 487–498; 2015.
34. Chuang S.K., Wei L.J., Douglass C.W., Dodson T.B. Risk factors for dental implant failure. A strategy for the analysis of clustered failure-time observations. *Journal of Dental Research*; 81: 572–577; 2002.
35. Chung C.J., Han J.-H., Kim K.-H. The pattern and prevalence of hypodontia in Koreans. *Oral Diseases*; 14: 620–625; 2008.
36. Cranin A.N., DeGrado J., Kaufman M., Baraoidan M., DiGregorio R., Batgitis G., Lee Z. Evaluation of the Periotest as a diagnostic tool for dental implants. *Journal of Oral Implantology*; 24: 139–146; 1998.
37. Creton M., Cune M., Verhoeven W., Muradin M., Wismeijer D., Meijer G. Implant treatment in patients with severe hypodontia: a retrospective evaluation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 68: 530–538; 2010.
38. Czochrowska E.M., Stenvik A., Bjercke B., Zachrisson B.U. Outcome of tooth transplantation. Survival and success rates 17–41 years posttreatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 121: 110–119; 2002.
39. Das P., Stockton D.W., Bauer C., Shaffer L.G., D'Souza R.N., Wright T., Patel P.I. Haploinsufficiency of PAX9 is associated with autosomal dominant hypodontia. *Human genetics*; 110: 371–376; 2002.
40. Daugaard-Jensen J., Nodal M., Skovgaard L.T., Kjaer I. Comparison of the pattern of agenesis in the primary and permanent dentitions in a population characterized by agenesis in the primary dentition. *International Journal of Paediatric Dentistry*; 7: 143–148; 1997.
41. Devlin H., Horner K., Ledgerton D. A comparison of maxillary and mandibular bone mineral densities. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 79: 323–327; 1998.

42. Dueled E., Gotfredsen K., Trab Damsgaard M., Hede B. Professional and patient-based evaluation of oral rehabilitation in patients with tooth agenesis. *Clinical Oral Implants Research*; 20: 729–736; 2009.
43. Ella B., Laurentjoye M., Sedarat C., Coutant J.-C., Masson E., Rouas A. Mandibular ridge expansion using a horizontal bone-splitting technique and synthetic bone substitute. An alternative to bone block grafting? *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 29: 135–140; 2014.
44. Engels H.B. Misserfolge in der oralen Implantologie. Ein kleines Brevier zur Vermeidung von Misserfolgen. in Engels H. B. Handbuch zum BDIZ / EDI Implantat-Register. Auflage 4. Berlin: *Basic. Dent-Verlag*, 273–299, 2003.
45. Fallschüssel G.K.H. Zahnärztliche Implantologie. Wissenschaft und Praxis. Berlin: *Quintessenz*, Kapitel 6: 34-85, 1986.
46. Feltl F., Bantleon H.-P. Prävalenz dentaler Agenesie bleibender Zähne – eine Literaturübersicht. *Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie*; 46: 9–11; 2014.
47. Finnema K.J., Raghoobar G.M., Meijer H.J.A., Vissink A. Oral rehabilitation with dental implants in oligodontia patients. *The International Journal of Prosthodontics*; 18: 203–209; 2005.
48. Fretwurst T., Nack C., Al-Ghraiir M., Raguse J.D., Stricker A., Schmelzeisen R., Nelson K., Nahles S. Long-term retrospective evaluation of the peri-implant bone level in onlay grafted patients with iliac bone from the anterior superior iliac crest. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*; 43: 956–960; 2015.
49. 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. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 6: 142–146; 1991.
50. Gallucci G.O., Grütter L., Chuang S.-K., Belser U.C. Dimensional changes of peri-implant soft tissue over 2 years with single-implant crowns in the anterior maxilla. *Journal of Clinical Periodontology*; 38: 293–299; 2011.
51. Garib D.G., Peck S., Gomes S.C. Increased occurrence of dental anomalies associated with second-premolar agenesis. *The Angle Orthodontist*; 79: 436–441; 2009.
52. Gass J.K., Wilson N.J., Smith F.J.D., Lane E.B., McLean W.H.I., Rytina E., Salvary I., Burrows N.P. Steatocystoma multiplex, oligodontia and partial persistent primary dentition associated with a novel keratin 17 mutation. *The British Journal of Dermatology*; 161: 1396–1398; 2009.
53. Geraets W., Zhang L., Liu Y., Wismeijer D. Annual bone loss and success rates of dental implants based on radiographic measurements. *Dentomaxillofacial Radiology*; 43: 20140007; 2014.
54. Gomes R.R., da Fonseca, Janaina Aparecida Calaça, Paula L.M., Faber J., Acevedo A.C. Prevalence of hypodontia in orthodontic patients in Brasilia, Brazil. *European Journal of Orthodontics*; 32: 302–306; 2010.

55. Goya H.A., Tanaka S., Maeda T., Akimoto Y. An orthopantomographic study of hypodontia in permanent teeth of Japanese pediatric patients. *Journal of Oral Science*; 50: 143–150; 2008.
56. Gracco A.L.T., Zanatta S., Forin Valvecchi F., Bignotti D., Perri A., Baciliero F. Prevalence of dental agenesis in a sample of Italian orthodontic patients. An epidemiological study. *Progress in Orthodontics*; 18: 33; 2017.
57. Grahnén H. Hypodontia in the permanent dentition. A clinical and genetical investigation. *Odontologisk Revy*; 7: 1–100; 1956.
58. Grecchi F., Pagliani L., Mancini G.E., Zollino I., Carinci F. Implant treatment in grafted and native bone in patients affected by ectodermal dysplasia. *The Journal of Craniofacial Surgery*; 21: 1776–1780; 2010.
59. Grunder U., Gracis S., Capelli M. Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*; 25: 113–119; 2005.
60. Guckes A.D., Scurria M.S., King T.S., McCarthy G.R., Brahim J.S. Prospective clinical trial of dental implants in persons with ectodermal dysplasia. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 88: 21–25; 2002.
61. Gulsahi A. Bone Quality Assessment for Dental Implants. in Turkyilmaz I. Implant Dentistry – The Most Promising Discipline of Dentistry. *InTech Open*, Chapter 20: 438-452, 2011.
62. Hammerle C.H., Bragger U., Burgin W., Lang N.P. The effect of subcrestal placement of the polished surface of ITI implants on marginal soft and hard tissues. *Clinical Oral Implants Research*; 7: 111–119; 1996.
63. Han D., Gong Y., Wu H. Novel EDA mutation resulting in X-linked non-syndromic hypodontia and the pattern of EDA-associated isolated tooth agenesis. *European Journal of Medical Genetics*; 51: 536–546; 2008.
64. Hellwig E., Klimek J., Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung. Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie. 6. überarbeitete Auflage. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*, Kapitel 17: 495-508, 2013.
65. Herrmann I., Lekholm U., Holm S., Kultje C. Evaluation of patient and implant characteristics as potential prognostic factors for oral implant failures. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 20: 220–230; 2005.
66. Heuberger S., Dvorak G., Zauza K., Watzek G. The use of onplants and implants in children with severe oligodontia. A retrospective evaluation. *Clinical Oral Implants Research*; 23: 827–831; 2012.
67. Hobkirk J.A., Brook A.H. The management of patients with severe hypodontia. *Journal of Oral Rehabilitation*; 7: 289–298; 1980.
68. Hosseini M., Worsaae N., Schiødt M., Gotfredsen K. A 3-year prospective study of implant-supported, single-tooth restorations of all-ceramic and metal-ceramic materials in patients with tooth agenesis. *Clinical Oral Implants Research*; 24: 1078–1087; 2013.

69. Hourfar J., Glasl B., Ludwig B. Lückenschluss statt Implantat? Kieferorthopädischer Lückenschluss bei Nichtanlagen permanenter Zähne. *Bayerisches Zahnärzteblatt*; Oktober: 58–65; 2016.
70. Howaldt H.-P., Schmelzeisen R. Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie. Auflage 2. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*, Kapitel 6: 210-217, 2015.
71. Hvaring C.L., Øgaard B., Birkeland K. Tooth replacements in young adults with severe hypodontia: Orthodontic space closure, dental implants, and tooth-supported fixed dental prostheses. A follow-up study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 150: 620–626; 2016.
72. Isidor F. Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. A clinical and radiographic study in monkeys. *Clinical Oral Implants Research*; 7: 143–152; 1996.
73. Ith-Hansen K. Persistence of deciduous molars in subjects with agenesis of the second premolars. *European Journal of Orthodontics*; 22: 239–243; 2000.
74. Jaffin R.A., Berman C.L. The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone. A 5-year analysis. *Journal of Periodontology*; 62: 2–4; 1991.
75. Jahn M., D'Hoedt B. Zur Definition des Erfolgs bei dentalen Implantaten. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie*; 8: 221–226; 1992.
76. Jansma J., Raghoobar G.M., Batenburg R.H., Stellingsma C., van Oort R.P. Bone grafting of cleft lip and palate patients for placement of endosseous implants. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*; 36: 67–72; 1999.
77. Jarvinen S., Lehtinen L. Supernumerary and congenitally missing primary teeth in Finnish children. An epidemiologic study. *Acta Odontologica Scandinavica*; 39: 83–86; 1981.
78. Javed F., Ahmed H.B., Crespi R., Romanos G.E. Role of primary stability for successful osseointegration of dental implants: Factors of influence and evaluation. *Interventional Medicine & Applied Science*; 5: 162–167; 2013.
79. John M.T., Patrick D.L., Slade G.D. The German version of the Oral Health Impact Profile – translation and psychometric properties. *European Journal of Oral Sciences*; 110: 425–433; 2002.
80. Kang Y.-H., Kim H.-M., Byun J.-H., Kim U.-K., Sung I.-Y., Cho Y.-C., Park B.-W. Stability of simultaneously placed dental implants with autologous bone grafts harvested from the iliac crest or intraoral jaw bone. *BMC Oral Health*; 15:172; 2015.
81. Kapdan A., Kustarci A., Buldur B., Arslan D., Kapdan A. Dental anomalies in the primary dentition of Turkish children. *European Journal of Dentistry*; 6: 178–183; 2012.
82. Kaplan E.L., Meier P. Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. *Journal of the American Statistical Association*; 53: 457; 1958.

83. Karoussis I.K., Salvi G.E., Heitz-Mayfield L.J.A., Bragger U., Hammerle C.H.F., Lang N.P. Long-term implant prognosis in patients with and without a history of chronic periodontitis. A 10-year prospective cohort study of the ITIR Dental Implant System. *Clinical Oral Implants Research*; 14: 329–339; 2003.
84. Kern M. Warum die Schneidezahn-Adhäsivbrücke einflügelig und in Deutschland zur Regelversorgung wurde. *Quintessenz*; 68: 777–789; 2017.
85. Kern M., Kerschbau T. Adhaesivbruecken - Gemeinsame Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGZPW) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK); 2007.
86. Kinzer G.A., Kokich V.O., JR. Managing congenitally missing lateral incisors. Part 1-3. Tooth-supported restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*; 17: 76–84; 2005.
87. Kokich V.G., Kokich V.O. Congenitally missing mandibular second premolars. Clinical options. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 130: 437–444; 2006.
88. Kokich V.G., Spear F.M. Guidelines for managing the orthodontic-restorative patient. *Seminars in Orthodontics*; 3: 3–20; 1997.
89. Kokich V.O., Jr, DMD, MSD. Congenitally missing teeth. Orthodontic management in the adolescent patient. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 121: 594–595; 2002.
90. Kokich V.G. Managing orthodontic-restorative treatment for the adolescent patient. in McNamara J. A, Brudon W. L. Orthodontics and dentofacial orthopedics. Auflage 3. Ann Arbor: *Needham Press*, 423–452, 2004.
91. Kolenc-Fuse F.J. Tooth agenesis. In search of mutations behind failed dental development. *Medicina y patologia oral/Oral Medicine and Pathology*; 9: 385–395; 2004.
92. Konstantinidis I.K., Kotsakis G.A., Gerdes S., Walter M.H. Cross-sectional study on the prevalence and risk indicators of peri-implant diseases. *European Journal of Oral Implantology*; 8: 75–88; 2015.
93. Krieger O., Matulienė G., Hüsler J., Salvi G.E., Pjetursson B., Bragger U. Failures and complications in patients with birth defects restored with fixed dental prostheses and single crowns on teeth and/or implants. *Clinical Oral Implants Research*; 20: 809–816; 2009.
94. Ku C.-L., Dupuis-Girod S., Dittrich A.-M., Bustamante J., Santos O.F., Schulze I., Bertrand Y., Couly G. NEMO mutations in 2 unrelated boys with severe infections and conical teeth. *Pediatrics*; 115: 615–619; 2005.
95. Kumasaka S., Miyagi A., Sakai N., Shindo J., Kashima I. Oligodontia. A radiographic comparison of subjects with Down syndrome and normal subjects. *Special Care in Dentistry*; 17: 137–141; 1997.

96. Lammi L., Arte S., Somer M., Jarvinen H., Lahermo P., Thesleff I., Pirinen S., Nieminen P. Mutations in AXIN2 cause familial tooth agenesis and predispose to colorectal cancer. *American Journal of Human Genetics*; 74: 1043–1050; 2004.
97. Larmour C.J., Mossey P.A., Thind B.S., Forgie A.H., Stirrups D.R. Hypodontia - a retrospective review of prevalence and etiology. Part I. *Quintessence International*; 36: 263–270; 2005.
98. Lehmann K.M., Hellwig E., Wenz H.-J. Zahnärztliche Propädeutik. Einführung in die Zahnheilkunde. Auflage 12. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*, Kapitel 3: 56-60, 2012.
99. Lekholm U., Zarb G.A. Patient selection and preparation. in Brånemark P. I, Zarb G. A, Albrektsson T. *Tissue-Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Chicago: *Quintessence Publishing*, Chapter 12: 199–209, 1985.
100. Lindh C., Oliveira G.H.C., Leles C.R., do Carmo Matias Freire M., Ribeiro-Rotta R.F. Bone quality assessment in routine dental implant treatment among Brazilian and Swedish specialists. *Clinical Oral Implants Research*; 25: 1004–1009; 2014.
101. Lindhe J., Meyle J. Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology*; 35: 282–285; 2008.
102. Lohmann C.H., Sagun R., Sylvia V.L., Cochran D.L., Dean D.D., Boyan B.D., Schwartz Z. Surface roughness modulates the response of MG63 osteoblast-like cells to 1,25-(OH)₂D(3) through regulation of phospholipase A(2) activity and activation of protein kinase A. *Journal of Biomedical Materials Research*; 47: 139–151; 1999.
103. Lüllmann-Rauch R. Taschenlehrbuch Histologie. Auflage 3. Stuttgart, New York: *Thieme*, Kapitel 15: 347-366, 2009.
104. Mangano C., Levrini L., Mangano A., Mangano F., Macchi A., Caprioglio A. Esthetic evaluation of implants placed after orthodontic treatment in patients with congenitally missing lateral incisors. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*; 26: 61–71; 2014.
105. Martin J.Y., Schwartz Z., Hummert T.W., Schraub D.M., Simpson J., Lankford J., Dean D.D., Cochran D.L. Effect of titanium surface roughness on proliferation, differentiation, and protein synthesis of human osteoblast-like cells (MG63). *Journal of Biomedical Materials Research*; 29: 389–401; 1995.
106. Merheb J., van Assche N., Coucke W., Jacobs R., Naert I., Quirynen M. Relationship between cortical bone thickness or computerized tomography-derived bone density values and implant stability. *Clinical Oral Implants Research*; 21: 612–617; 2010.
107. Mestrovic S.R., Rajic Z., Papic J.S. Hypodontia in patients with Down's syndrome. *Collegium Antropologicum*; 22: 69–72; 1998.

108. Misch C.E. Density of bone. Effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive boen loading. *The International Journal of Oral Implantology: Implantologist*; 6: 23–31; 1990.
109. Mombelli A., Lang N.P. Clinical parameters for the evaluation of dental implants. *Periodontology 2000*; 4: 81–86; 1994.
110. Mombelli A., Müller N., Cionca N. The epidemiology of peri-implantitis. *Clinical Oral Implants Research*; 23: 67–76; 2012.
111. Naert I., Quirynten M., van Steenberghe D., Darius P. A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 67: 236–245; 1992.
112. Neukam F. Lebenserwartung von Implantaten und Implantatlager. *Wissenschaftliche Stellungname der DGZMK*; 2000.
113. Nik-Hussein N.N. Hypodontia in the permanent dentition: a study of its prevalence in Malaysian children. *Australian Orthodontic Journal*; 11: 93–95; 1989.
114. Nikneshan S., Sharafi M., Emadi N. Evaluation of the accuracy of linear and angular measurements on panoramic radiographs taken at different positions. *Imaging Science in Dentistry*; 43: 191–196; 2013.
115. Nissan J., Mardinger O., Strauss M., Peleg M., Sacco R., Chaushu G. Implant-supported restoration of congenitally missing teeth using cancellous bone block-allografts. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*; 111: 286–291; 2011.
116. Nunn J.H., Carter N.E., Gillgrass T.J., Hobson R.S., Jepson N.J., Meechan J.G., Nohl F.S. The interdisciplinary management of hypodontia. Background and role of paediatric dentistry. *British Dental Journal*; 194: 245–251; 2003.
117. Oczakir C., Balmer S., Mericske-Stern R. Implant-prosthodontic treatment for special care patients. A case series study. *The International Journal of Prosthodontics*; 18: 383–389; 2005.
118. Pabst A.M., Walter C., Ehbauer S., Zwiener I., Ziebart T., Al-Nawas B., Klein M.O. Analysis of implant-failure predictors in the posterior maxilla. A retrospective study of 1395 implants. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*; 43: 414–420; 2015.
119. Papaspyridakos P., Chen C.-J., Singh M., Weber H.-P., Gallucci G.O. Success criteria in implant dentistry: a systematic review. *Journal of Dental Research*; 91: 242–248; 2012.
120. Parithimarkalaighan S., Padmanabhan T.V. Osseointegration: An update. *Journal of Indian Prosthodontic Society*; 13: 2–6; 2013.
121. Parsche E., Wegscheider W.A., Weiland F., Arnetz G., Walter A., Bratschko R. O. Das Christ-Siemens-Touraine-Syndrom. Das klinische Bild, Diagnose, Therapie und Nachuntersuchung der Hypodontie bei ektodermaler Dysplasie. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*; 108: 127–137; 1998.
122. Paschos E., Huth K.C., Rudzki-Janson I. Ektodermale Dysplasie – eine Literaturübersicht. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*; 59: 487–491; 2004.

123. Pasqualini U., Pasqualini M. E. Treatise of Implant Dentistry. The Italian Tribute to Modern Implantology; *Ariesdue*, Chapter 1: The History of Implantology, 2009.
124. Paweł P., Plakwicz F., Czochrowska E. Transplant vs implant in a patient with agenesis of both maxillary lateral incisors. A 9-year follow-up. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 149: 751–756; 2016.
125. Pieper K. Zahnanomalien und ihre Versorgung. in Einwag J. Kinderzahnheilkunde. Auflage 3. München, Jena: Elsevier, Urban & Fischer, Kapitel 16: 298–303, 2008.
126. Polder B.J., Van't Hof M.A., van der Linden F.P.G.M., Kuijpers-Jagtman A.M. A meta-analysis of the prevalence of dental agenesis of permanent teeth. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*; 32: 217–226; 2004.
127. Pospiech P. Klebebrücken. in Marxkors R. Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. Auflage 5. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag, Kapitel 4: 97–108, 2010.
128. Präger T.M., Finke C., Miethke R.-R. Dental findings in patients with ectodermal dysplasia. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*; 67: 347–355; 2006.
129. Prathapachandran J., Suresh N. Management of peri-implantitis. *Dental Research Journal*; 9: 516–521; 2012.
130. Radlanski R.J. Wachstum und Entwicklung. in Einwag J. Kinderzahnheilkunde. Auflage 3. München, Jena: Elsevier, Urban & Fischer, Kapitel 1: 2–8, 2008.
131. Ranta R. Comparison of tooth formation in noncleft and cleft-affected children with and without hypodontia. *ASDC Journal of Dentistry for Children*; 49: 197–199; 1982.
132. Ranta R. Hypodontia and delayed development of the second premolars in cleft palate children. *European Journal of Orthodontics*; 5: 145–148; 1983.
133. Ranta R. Associations of some variables to tooth formation in children with isolated cleft palate. *European Journal of Oral Sciences*; 92: 496–502; 1984.
134. Ranta R. A review of tooth formation in children with cleft lip/palate. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 90: 11–18; 1986.
135. Ranta R., Stegars T., Rintala A.E. Correlations of hypodontia in children with isolated cleft palate. *The Cleft Palate Journal*; 20: 163–165; 1983.
136. Reich K.M., Huber C.D., Lippnig W.R., Ulm C., Watzek G., Tangl S. Atrophy of the residual alveolar ridge following tooth loss in an historical population. *Oral Diseases*; 17: 33–44; 2011.
137. Renvert S., Polyzois I.N. Clinical approaches to treat peri-implant mucositis and peri-implantitis. *Periodontology 2000*; 68: 369–404; 2015.
138. Riemer V. Prävalenz und Typen der Oligodontie in Mittelhessen: VVB Lauffersweiler Verlag, Thesis, 2014.

139. Ruf S., Klimas D., Honemann M., Jabir S. Genetic background of nonsyndromic oligodontia. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*; 74: 295–308; 2013.
140. Sakkas A., Ioannis K., Winter K., Schramm A., Wilde F. Clinical results of autologous bone augmentation harvested from the mandibular ramus prior to implant placement. An analysis of 104 cases. *GMS Interdisciplinary Plastic and Reconstructive Surgery DGPW*; 5; 2016.
141. Schalk-van der Weide Y. Oligodontia. A clinical radiographic and genetic evaluation, Thesis, 1992.
142. Schenk R.K., Buser D. Osseointegration. A reality. *Periodontology 2000*; 17: 22–35; 1998.
143. Schierz O., Hirsch C., John M.T., Reissmann D.R. Mundgesundheitsbezogene Lebensqualität - Maßstab Mensch in der Zahnmedizin. *Zeitschrift für Senioren-Zahnmedizin*; 3(1): 17–22; 2015.
144. Schneider D., Grunder U., Ender A., Hammerle C.H.F., Jung R.E. Volume gain and stability of peri-implant tissue following bone and soft tissue augmentation. 1-year results from a prospective cohort study. *Clinical Oral Implants Research*; 22: 28–37; 2011.
145. Schnitman P. A, Shulman L. B. NIH Consensus Development Program: Dental Implants: Benefit and Risk. 1978. Available at: <https://consensus.nih.gov/1978/1978DentalImplants003html.htm>. Zugriffsdatum 23.06.2017.
146. Schroeder A., Pohler O., Sutter F. Tissue reaction to an implant of a titanium hollow cylinder with a titanium surface spray layer. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*; 86: 713–727; 1976.
147. Schroeder A., van der Zypen E., Stich H., Sutter F. The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces. *Journal of Maxillofacial Surgery*; 9: 15–25; 1981.
148. Schwartz O., Bergmann P., Klausen B. Autotransplantation of human teeth. A life-table analysis of prognostic factors. *International Journal of Oral Surgery*; 14: 245–258; 1985.
149. Schwartz-Arad D., Laviv A., Levin L. Failure causes, timing, and cluster behavior. An 8-year study of dental implants. *Implant Dentistry*; 17: 200–207; 2008.
150. Schwarz F., Bieling K., Bonsmann M., Latz T., Becker J. Nonsurgical treatment of moderate and advanced periimplantitis lesions: a controlled clinical study. *Clinical Oral Investigations*; 10: 279–288; 2006.
151. Schwarz F., Herten M., Sager M., Bieling K., Sculean A., Becker J. Comparison of naturally occurring and ligature-induced peri-implantitis bone defects in humans and dogs. *Clinical Oral Implants Research*; 18: 161–170; 2007.
152. Shapira Y., Lubit E., Kufnec M.M. Congenitally missing second premolars in cleft lip and cleft palate children. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 115: 396–400; 1999.

153. Shapira Y., Lubit E., Kufnec M.M. Hypodontia in children with various types of clefts. *The Angle Orthodontist*; 70: 16–21; 2000.
154. Shapiro S.D., Farrington F.H. A potpourri of syndromes with anomalies of dentition. *Birth Defects Original Article Series*; 19: 129–140; 1983.
155. Silva Meza R. Radiographic assessment of congenitally missing teeth in orthodontic patients. *International Journal of Paediatric Dentistry*; 13: 112–116; 2003.
156. Singer S.L., Henry P.J., Lander I.D. A treatment planning classification for oligodontia. *The International Journal of Prosthodontics*; 23: 99–106; 2010.
157. Smeets R., Henningsen A., Jung O., Heiland M., Hammächer C., Stein J.M. Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis – a review. *Head & Face Medicine*; 10: 34; 2014.
158. 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. *Clinical Oral Investigations*; 4: 13–20; 2000.
159. Spiekermann H. Implantologie. In: Rateitschak K.H., Wolf H.F., Herausgeber. Stuttgart: *Thieme*, Kapitel 7: 91-122, 1994.
160. Stenvik A., Zachrisson B.U. Orthodontic closure and transplantation in the treatment of missing anterior teeth. An overview. *Endodontics & Dental Traumatology*; 9: 45–52; 1993.
161. Stockton D.W., Das P., Goldenberg M., D'Souza R.N., Patel P.I. Mutation of PAX9 is associated with oligodontia. *Nature Genetics*; 24: 18–19; 2000.
162. Streckbein P. Vier Jahre klinische Erfahrung mit FRIALIT-2-Synchro-Stufenschraubenimplantat. Auflage 1. Wettenberg: *VVB Laufersweiler*, Thesis, 2005.
163. Streckbein P., Kahling C., Wilbrand J.-F., Malik C.-Y., Schaaf H., Howaldt H.-P., Streckbein R. Horizontal alveolar ridge augmentation using autologous press fit bone cylinders and micro-lag-screw fixation. Technical note and initial experience. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*; 42: 387–391; 2014.
164. Sujon M.K., Alam M.K., Rahman S.A. Prevalence of Third Molar Agensis. Associated Dental Anomalies in Non-Syndromic 5923 Patients. *PLoS ONE (Public Library of Science)*; 11: 1–9; 2016.
165. Sweeney I.P., Ferguson J.W., Heggie A.A., Lucas J.O. Treatment outcomes for adolescent ectodermal dysplasia patients treated with dental implants. *International Journal of Paediatric Dentistry*; 15: 241–248; 2005.
166. Tan S.P.K., van Wijk A.J., Prahl-Andersen B. Severe hypodontia. Identifying patterns of human tooth agenesis. *European Journal of Orthodontics*; 33: 150–154; 2011.
167. Tamow D.P., Cho S.C., Wallace S.S. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *Journal of Periodontology*; 71: 546–549; 2000.

168. Terheyden H., Wusthoff F. Occlusal rehabilitation in patients with congenitally missing teeth-dental implants, conventional prosthetics, tooth autotransplants, and preservation of deciduous teeth-a systematic review. *International Journal of Implant Dentistry*; 1: 30; 2015.
169. Thilander B., Odman J., Lekholm U. Orthodontic aspects of the use of oral implants in adolescents. A 10-year follow-up study. *European Journal of Orthodontics*; 23: 715–731; 2001.
170. Thöne-Mühling M., Lotzmann U., Mengel R. Überlebens- oder Erfolgsrate – Bewertung von Implantatversorgung. *ZWP, Jahrbuch Implantologie*; 16-20; 2015.
171. Tolstunov L. Implant zones of the jaws. Implant location and related success rate. *The Journal of Oral Implantology*; 33: 211–220; 2007.
172. Tonetti M.S., Hammerle C.H.F. Advances in bone augmentation to enable dental implant placement. Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology*; 35: 168–172; 2008.
173. Tsukiboshi M. Autotransplantation of teeth. Requirements for predictable success. *Dental Traumatology*; 18: 157–180; 2002.
174. Turkyilmaz I., Tumer C., Ozbek E.N., Tözüm T.F. Relations between the bone density values from computerized tomography, and implant stability parameters. A clinical study of 230 regular platform implants. *Journal of Clinical Periodontology*; 34: 716–722; 2007.
175. United States Department of Health and Human Services. Acute Pain Management: Operative or Medical Procedures and Trauma. Clinical Practice Guideline No. 1. Rockville (MD): Agency for Health Care Policy and Research (AHCPR), AHCPR Publication No. 92-0023: 107; 1993.
176. van Wijk A.J., Tan S.P.K. A numeric code for identifying patterns of human tooth agenesis. A new approach. *European Journal of Oral Sciences*; 114: 97–101; 2006.
177. Vastardis H. The genetics of human tooth agenesis. New discoveries for understanding dental anomalies. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 117: 650–656; 2000.
178. Vastardis H., Karimbux N., Guthua S.W., Seidman J.G., Seidman C.E. A human MSX1 homeodomain missense mutation causes selective tooth agenesis. *Nature Genetics*; 13: 417–421; 1996.
179. Vercaigne S., Wolke J.G., Naert I., Jansen J.A. The effect of titanium plasma-sprayed implants on trabecular bone healing in the goat. *Biomaterials*; 19: 1093–1099; 1998.
180. Vieira A.R., Meira R., Modesto A., Murray J.C. MSX1, PAX9, and TGFA contribute to tooth agenesis in humans. *Journal of Dental Research*; 83: 723–727; 2004.
181. Vollmer R., Vollmer M., Valentin R. Bone spreading/Bone splitting - Maßnahmen zur Verbreiterung des Implantatlagers in zahnlosen Kieferabschnitten. *Implantologie Journal*; 1: 24–30; 2003.

182. Watzek G., Fürhauser R., Mailath-Pokorny G. Zahnärztliche Implantate. in Schwenzer N., Ehrenfeld M. Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde. Auflage 4. Stuttgart, New York: *Thieme*, Kapitel 9: 227–271, 2009.
183. Weber H.P., Buser D., Donath K., Fiorellini J.P., Doppalapudi V., Paquette D.W., Williams R.C. Comparison of healed tissues adjacent to submerged and non-submerged unloaded titanium dental implants. A histometric study in beagle dogs. *Clinical Oral Implants Research*; 7: 11–19; 1996.
184. Weibrich G., Al-Nawas B. Erfolgsaussichten implantologischer Maßnahmen, Fortbildungsteil 2/2001. 4-5. Uniklinik Mainz, Abteilung für Prothetik, 2001.
185. Wennerberg A., Albrektsson T., Andersson B., Krol J.J. A histomorphometric study of screw-shaped and removal torque titanium implants with three different surface topographies. *Clinical Oral Implants Research*; 6: 24–30; 1995.
186. Yap A.K.W., Klineberg I. Dental implants in patients with ectodermal dysplasia and tooth agenesis. A critical review of the literature. *The International Journal of Prosthodontics*; 22: 268–276; 2009.
187. Zarone F., Sorrentino R., Vaccaro F., Russo S. Prosthetic treatment of maxillary lateral incisor agenesis with osseointegrated implants. A 24-39-month prospective clinical study. *Clinical Oral Implants Research*; 17: 94–101; 2006.
188. Zou D., Wu Y., Wang X.D., Huang W., Zhiyong Z., Zhiyuan Z. A retrospective 3- to 5-year study of the reconstruction of oral function using implant-supported prostheses in patients with hypohidrotic ectodermal dysplasia. *The Journal of Oral Implantology*; 40: 571–580; 2014.

11 Anhang

11.1 Anlage 1 - Patientenansreiben

<p>Uniklinikum GI und MR GmbH, MKG-Chirurgie Klinikstrasse 33, D - 35385 Gießen</p> <hr/> <p>Vorname Nachname Straße Hausnummer PLZ Ort</p>	 <p>UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG</p> <p>Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie - Plastische Operationen – Justus-Liebig-Universität Gießen Direktor: Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P. Howaldt</p> <p>Klinikstraße 33 35385 Gießen</p> <p>Telefon (0641) 985-46275 Telefax (0641) 985-46238 E-mail: mkg@uniklinikum-giessen.de www.ukgm.de/ugj_mkg</p>
<p>Gießen, den Datum</p>	
<p>Implantat-Nachuntersuchung</p>	
<p>Sehr geehrte(r) Frau/Herr Nachname</p>	
<p>bei Ihnen wurden in unserer Klinik dentale Implantate eingesetzt. Wir hoffen, dass durch die seinerzeitige Operation ein gutes Langzeitergebnis erreicht wurde. Dies möchten wir gerne im Rahmen einer Nachuntersuchung überprüfen, zu der wir Sie herzlich bitten zu erscheinen. Wir schlagen dann</p>	
<p style="text-align: center;">Dienstag, den 22. März 2016</p>	
<p style="text-align: center;">um 14:00 Uhr</p>	
<p>im Universitätsklinikum Gießen, Klinikstraße 33, Ebene -1 (Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie) zur Untersuchung Ihrer Implantate in der Implantatsprechstunde vor. Wenn möglich, bringen Sie bitte aktuelle Röntgenaufnahmen Ihrer Implantate mit.</p>	
<p>Falls bei Ihnen dies nicht möglich ist, bitten wir um erneute telefonische Terminabsprache zwischen 7:30 Uhr und 12.30 Uhr unter der Telefon-Nr.: 0641/9946111.</p>	
<p>Mit freundlichen Grüßen</p>	
<p>Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt Direktor der Klinik</p>	<p>Dr. S. Altia Zahnarzt für Oralchirurgie</p>
<p>Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH Sitz der Gesellschaft: Gießen Amtsgericht Gießen HRB 6384 http://www.ukgm.de</p>	<p>Geschäftsführung Martin Menger (Vors.) Prof. Dr. Werner Seeger (stv. Vors.) Dr. Christiane Hinck-Kneip Dr. Günther K. Weiß Prof. Dr. Jochen A. Werner</p>
	<p>Aufsichtsratsvorsitzender Dr. Dr. Martin Siebert</p>

11.2 Anlage 2 - Patientenaufklärungsbogen

Patientenaufklärungsbogen



Implantationserfolg bei einem von Geburt an nicht

angelegten Zahn (Nichtanlage)

**Klinik und Poliklinik für Mund-,
Kiefer- und Gesichtschirurgie
Justus-Liebig-Universität Gießen**
Direktor:
Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P.
Howaldt
Klinikstraße 33
35385 Gießen

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen.

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie ist freiwillig. Sie werden in diese Prüfung also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der klinischen Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, haben Sie keine Nachteile daraus.

Sie wurden bereits auf die geplante Studie angesprochen. Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf genauer erläutern. Anschließend wird ein Prüfarzt das Aufklärungsgespräch mit Ihnen führen. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind. Sie werden danach ausreichend Bedenkzeit erhalten, um über Ihre Teilnahme zu entscheiden.

Mit freundlichen Grüßen,

Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt
Direktor der Klinik

Dr. S. Attia
Fachzahnarzt für Oralchirurgie

E. Schaper
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin

Prüfstelle: Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen

Prüfarzt: Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt, Dr. S. Attia

Ziel und Hintergrund der Studie

Bei dieser Studie handelt es sich um eine Nachuntersuchung von Implantaten, an einer Stelle bei einem von Geburt an nicht angelegtem Zahn (Nichtanlage).

Das Hauptmerkmal wird dabei sein, wie fest die Implantate im Kiefer fixiert sind, sowie ob Knochenabbau zu erkennen ist.

Durch das Ausfüllen eines Fragebogens soll dokumentiert werden ob so eine Nichtanlage schon mal in der Familie aufgetreten ist. Diese Dokumentation soll eventuelle Ursachen der vorhandenen Nichtanlage erklären.

Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung wird insgesamt ungefähr eine Stunde dauern. Zu Beginn erfolgen die ausführliche Aufklärung und das Ausfüllen der Einverständniserklärung durch den Prüfarzt.

Dann werden Sie darum gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen. Anschließend beginnen wir mit der klinischen Untersuchung, bei der wir testen, ob die Implantate fest im Knochen verankert sind und wie tief die Zahnfleischtaschen um das Implantat sind. Außerdem wird überprüft, ob das Zahnfleisch entzündet ist und wie viel weiche Beläge sich am Implantat befinden. Diese Untersuchung wird sehr vorsichtig durchgeführt, sodass Sie keine Schmerzen haben sollten. Desweiteren wollen wir Fotos von den Implantaten machen.

Im Anschluss wird das Röntgenbild angefertigt.

Persönlicher Nutzen

Sie werden durch die Teilnahme an dieser Studie außer einer ärztlichen Untersuchung voraussichtlich keinen persönlichen Gesundheitsnutzen haben. Die Ergebnisse der Studie können aber möglicherweise dazu beitragen,

Risiken

Die in dieser Studie angewendeten Untersuchungsmethoden werden routinemäßig bei der Untersuchung von Implantaten angewendet und sind risikofrei.

Ausschlusskriterien

Da wir ein Röntgenbild von Ihnen anfertigen, dürfen schwangere Frauen nicht an dieser Studie teilnehmen. Sollten Sie schwanger sein oder den Verdacht haben, teilen Sie uns dies bitte mit.

Kosten und Aufwandsentschädigung

Durch Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten.

Leider können wir Ihnen keine Aufwandsentschädigung anbieten.

Patientenversicherung

Bei der klinischen Studie sind Sie gemäß der Betriebshaftpflichtversicherung des Klinikums versichert. Der Umfang des Versicherungsschutzes ergibt sich aus den Versicherungsunterlagen, die Sie auf Wunsch ausgehändigt bekommen.

Wenn Sie vermuten, dass durch die Teilnahme an der klinischen Prüfung Ihre Gesundheit geschädigt oder bestehende Leiden verstärkt wurden, müssen Sie dies unverzüglich dem Versicherer direkt anzeigen, gegebenenfalls mit Unterstützung durch Ihren Prüfarzt, um Ihren Versicherungsschutz nicht zu gefährden. Sofern Ihr Prüfarzt Sie dabei unterstützt, erhalten Sie eine Kopie der Meldung. Sofern Sie Ihre Anzeige direkt an den Versicherer richten, informieren Sie bitte zusätzlich Ihren Prüfarzt.

Bei der Aufklärung der Ursache oder des Umfangs eines Schadens müssen Sie mitwirken und alles unternehmen, um den Schaden abzuwenden und zu mindern.

Auf Wunsch erhalten Sie ein Exemplar der Versicherungsbedingungen.

Wir weisen Sie ferner darauf hin, dass Sie auf dem Weg von und zur Prüfstelle nicht unfallversichert sind/in folgender Weise versichert sind.

Ausscheiden aus der Studie

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile bei Ihrer medizinischen Behandlung entstehen.

Unter gewissen Umständen ist es aber auch möglich, dass der Prüfarzt oder der für die Studie Verantwortliche entscheidet, Ihre Teilnahme an der klinischen Prüfung zu beenden, falls Sie in einem generell schlechten Gesundheitszustand oder mangelnd geschäftsfähig sind.

Datenschutz

Während der klinischen Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Patientenbögen niedergeschrieben. Die für die klinische Studie wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form elektronisch gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls weitergegeben. Pseudonymisiert bedeutet hier, dass keine Angaben von Namen oder Initialen verwendet werden, sondern nur ein Nummerncode.

Aufbewahrung der Röntgenbilder

Im Anschluss der Studie werden die von Ihnen digital angefertigten Röntgenbilder bei uns in der Poliklinik auf einem gesichertem Server gespeichert.

Weitere Fragen

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an den Prüfarzt oder an die wissenschaftliche Mitarbeiterin, die Sie betreut.

Datenschutz:

Mir ist bekannt, dass bei dieser klinischen Prüfung personenbezogene Daten, insbesondere medizinische Befunde über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der klinischen Prüfung folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der klinischen Prüfung teilnehmen.

1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser klinischen Studie personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern bei/in (*Institution/Ort der Aufzeichnung angeben*) aufgezeichnet werden. Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten pseudonymisiert (verschlüsselt) weitergegeben werden an , den Verantwortlichen oder eine von diesem beauftragte Stelle zum Zwecke der wissenschaftlichen Auswertung.
2. Außerdem erkläre ich mich damit einverstanden, dass autorisierte und zur Verschwiegenheit verpflichtete Beauftragte des Verantwortlichen sowie die zuständigen Überwachungsbehörden in meine beim Prüfarzt vorhandenen personenbezogenen Daten, insbesondere meine Gesundheitsdaten, Einsicht nehmen, soweit

dies für die Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie notwendig ist. Für diese Maßnahme entbinde ich den Prüfarzt von der ärztlichen Schweigepflicht.

3. Ich bin bereits darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der klinischen Prüfung beenden kann. Im Fall eines solchen Widerrufs meiner Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, erkläre ich mich damit einverstanden, dass die bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Daten weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist, um sicherzustellen, dass meine schutzwürdigen Interessen nicht beeinträchtigt werden. Falls ich meine Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, widerrufe, müssen alle Stellen, die meine personenbezogenen Daten, insbesondere Gesundheitsdaten, gespeichert haben, unverzüglich prüfen, inwieweit die gespeicherten Daten zu dem vorgenannten Zweck noch erforderlich sind. Nicht mehr benötigte Daten sind unverzüglich zu löschen.
4. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Studie zehn Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht, soweit nicht gesetzliche, satzungsmäßige oder vertragliche Aufbewahrungsfristen entgegenstehen.

Erfolg von Implantaten im Knochen bei einer Nichtanlage eines Zahnes

Einwilligungserklärung

Ich bin in einem persönlichen Gespräch durch den Prüfarzt

.....

Name der Ärztin/des Arztes

ausführlich und verständlich über die zu prüfende Behandlungsmethode und die Vergleichsmethode sowie über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der klinischen Studie aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text der Patienteninformation sowie die hier nachfolgend abgedruckte Datenschutzerklärung gelesen und verstanden. Ich hatte die Gelegenheit, mit dem Prüfarzt über die Durchführung der klinischen Prüfung zu sprechen. Alle meine Fragen wurden zufrieden stellend beantwortet.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Prüfung zurückziehen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir daraus Nachteile für meine medizinische Behandlung entstehen.

Ich erkläre mich bereit, an der oben genannten klinischen Studie freiwillig teilzunehmen.

Ein Exemplar der Patienten-Information und -Einwilligung habe ich erhalten. Ein Exemplar verbleibt im Prüfzentrum.

.....

Name des Patienten in Druckbuchstaben

..... X

Datum

Unterschrift des **Patienten**

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Patienten eingeholt.

.....

Name des Prüfarztes/der Prüffärztin in Druckbuchstaben

.....

Datum

Unterschrift des aufklärenden **Prüfarztes/der Prüffärztin**

- Rauchen Sie? JA NEIN

Wenn JA: 1-5 Zigaretten pro Tag 6-15 Zigaretten pro Tag ≥ 16 Zigaretten pro Tag

- PZR? _____

- Haben Sie seit der Implantation Beschwerden? JA NEIN

- Allgemeine Zufriedenheit:

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

- Haben Sie an den Implantaten Missempfindungen (z.B. Überempfindlichkeit auf Reize, abnorme Empfindungen, verminderte Empfindlichkeit)?

JA NEIN

- Tragekomfort, Kauvermögen

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

- Sprechvermögen

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

- Gesamterfolg der Operation

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

- Ästhetischer Gesamterfolg

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

.....

.....

Datum

Unterschrift

11.4 Anlage 4 - Spezieller Fragebogen

Spezieller Fragebogen

-Nichtanlage-



**Klinik und Poliklinik für Mund-,
Kiefer- und Gesichtschirurgie
Justus-Liebig-Universität Gießen**
Direktor:
Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P.
Howaldt
Klinikstraße 33
35385 Gießen

Patientennummer:.....

-Patientenname/Patientenaufkleber-

Name:
Vorname:.....
Geb.:.....
Straße:.....
Ort:.....
Tel.:.....

Es sind folgende Zähne nicht angelegt:
.....

Bitte füllen Sie diesen Fragebogen sorgfältig aus:

- Sind Sie die erste Person in der Familie, bei der ein oder mehrere Zähne nicht angelegt sind?

JA NEIN

- Gibt es Familienmitglieder die ebenfalls eine Nichtanlage haben?

.....
(Eltern/Geschwister/Großeltern)

- Wissen Sie welcher Zahn bei den Familienmitgliedern nicht angelegt war?

.....

- Erfolgte ein Knochenaufbau? JA NEIN

Kieferkamm Beckenkamm Sonstige:.....

- Wurde ein gewisser Standard von einem besseren Lebensgefühl durch diese Implantate erreicht?

Sehr gut mittel schlecht

Anhang

• Tabelle

	Erkrankungen	Medikamenteneinnahme	Ernährung	Ort
4.-6. Monate				
6.-10. Monate				
10.-12. Monate				
1. - 1,5 Jahre				
1,5-2 Jahre				
3,5 Jahre				

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

.....

Datum

.....X.....

Unterschrift

11.5 Anlage 5 - Implantatbefundbogen

Implantatbefundbogen		 UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Justus-Liebig-Universität Gießen Direktor: Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P. Howaldt Klinikstraße 33 35385 Gießen
Datum:		
Patientennummer:		
-Patientenname/Patientenaufkleber-		-Behandler-
Name:		Name:
Vorname:		
Geb.:		
Straße:		
Ort:		
Tel.:		
1. Versorgungsart - Suprakonstruktion		
festsetzend	Einzelkrone	<input type="checkbox"/>
	Brücke	<input type="checkbox"/>
herausnehmbar	Teleskopprothese	<input type="checkbox"/>
	Steg	<input type="checkbox"/>
Sonstige:		
2. Allgemeine Information zum Implantat		
Anzahl der Implantate:		
Implantattyp und -hersteller:		
3. Implantatverlust - Explantation		
Wann:		
Regio:		
Warum:		

4. Klinische Untersuchung

Implantat (Regio)																			
Plaque-Index																			
ST (mm)	o																		
	d	m																	
	v																		
BoP (+)	o																		
	d	m																	
	v																		
Periotest																			
Lockerungsgrad																			
Periimplantäre Infektion Ja/Nein																			
Keratinisierte Gingiva Ja/Nein																			
Sonstiges																			

5. Radiologischer Befund

Datum der röntgenologischen Aufnahme:

Knochenabbau(horizontal/vertikal):

Periimplantäre Transluzenz an Implantat Regio:.....

6. Implantationserfolg (nach Buser)

- Keine andauernder Schmerz, Fremdkörpergefühl oder Dysästhesie
- Keine wiederkehrende eiterige periimplantäre Entzündung
- Keine Beweglichkeit des Implantats
- Keine periimplantäre Radioluzenz

Anzahl der Misserfolge _____ Anzahl der Erfolge _____

11.6 Nutzungsgenehmigung von Abbildungen aus Fremdquellen

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 1, S. 11, Lizenznummer: 4355800859272;
John Wiley and Sons; Copyright Clearance Center.

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 2, S. 16, Lizenznummer: 4355810510757;
John Wiley and Sons; Copyright Clearance Center.

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 3, S. 21, Lizenznummer: 4355780331901;
John Wiley and Sons; Copyright Clearance Center.

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 4, S. 22, Lizenznummer: 4355800269192;
John Wiley and Sons; Copyright Clearance Center.

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 5, S. 23, Lizenznummer: 3105/18;
Lizenzgeber: Georg Thieme Verlag KG

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 6, S. 24, Lizenznummer: 3105/18;
Lizenzgeber: Georg Thieme Verlag KG

12 Publikationsverzeichnis

1. Publikationsart: Poster
Autoren: S. Attia, E. Schaper, P. Streckbein, C. Kähling, A. May, J.-F. Wilbrand, H.-P. Howaldt, H. Schaaf
Titel: A Retrospective Study of the Implant Treatment in Patients with Hypodontia
Ort: The 23rd European Association for Cranio Maxillo-Facial Surgery Congress, EACMFS 2016, London.
Jahr: 2016
Es erfolgte eine Veröffentlichung von Teilergebnissen.

2. Publikationsart: Oral Presentation
Autoren: Sameh Attia, Ella Schaper, Jan-Falco Wilbrand, Philipp Streckbein, Heidrun Schaaf, Hans-Peter Howaldt
Titel: Congenital Hypodontia/Oligodontia: Retrospective Evaluation of Implant Success (accepted).
Ort: The 24rd European Association for Cranio Maxillo-Facial Surgery Congress, EACMFS 2018, Munich.
Jahr: 2018

Poster des EACMFS 2016 in London.



A RETROSPECTIVE STUDY OF THE IMPLANT TREATMENT IN PATIENTS WITH HYPODONTIA

S.Attia ¹, E. Schaper ¹, P. Streckbein ¹, C. Kähling ¹, A. May ¹, J.F. Wilbrand ¹, H.P. Howaldt ¹, H. Schaaf ²

¹University Hospital Gießen, Oral and Maxillofacial Surgery, Gießen, Germany

²MKG am Theater, Maxillofacial Surgery, Gießen, Germany

Hypodontia ranges between 0.15% and 16.2% in the permanent dentition, excluding the third molars. In the area of Mittelhessen, Germany the percentage of hypodontia is 10.49% (1). The common therapy for tooth gap caused by hypodontia is the orthodontic space closure. Tooth replacement with dental implants is optimal alternative for cases in which the orthodontic therapy is not used (2). The aim of this retrospective clinical study is to evaluate the success rate of dental implants placed in hypodontical areas.

This study includes 40 patients who have been treated at the University Hospital of Gießen, department of oral and Maxillofacial Surgery from January 2002 to February 2016. In the follow-up examination clinical and radiological findings of the implants were evaluated with clinical investigations include measurement of probing depth, bleeding index, and Periotest® as well as radiographic control in panoramic view to determine osteolysis of the periimplant bone.



Figure 2: Panoramic view pre-operative



Figure 1: Young patient with sever hypodontia



Figure 3: Intra-operative implantation with bone spreading technique



Figure 4: Panoramic view post-operative

30 patients have been investigated in this study (12 male and 18 female). 121 implants were placed in hypodontical areas (68 in the maxilla and 53 in the mandible). Two implants of 121 were lost. The success rate of inserted dental implants in the patients with hypodontia is 98,3%. The probing of the peri-implant sulcus of each implant(N=121) was recorded with the WHO periodontal probe. Most of the records in probing depth were in the normal value between 1.0– 3.0 mm. All examined implants were in the normal value of the Periotest® between -8 and +9 which mean that the implants are well osseointegrated.

The success rate of dental implants inserted in the patients with hypodontia ist very hoch and similar to the success rate results of other implant studies. Hypodontia can not be considered as a risk factor for implantation.



Figure 5: The prosthetic rehabilitation on dental implants.

Rakhtan V.: Meta-Analysis of Observational Studies on the Most Commonly Missing Permanent Dentition (Excluding the Third Molars) in Non-Syndromic Dental Patients or Randomly-Selected Subjects, and the Factors Affecting the Observed Rates.

Kinderzahnheilkunde von Johannes Erweg und Klaus Pieper S.299-S.301

Copyright © 2016 Samch Attia, Gießen, Germany, samch.attia@dentist.med.uni-giessen.de

13 Ehrenwörtliche Erklärung

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

Ort, Datum

Unterschrift

14 Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei allen bedanken, die mich bei dieser Arbeit auf eine Art und Weise unterstützt haben. Der Dank geht insbesondere an:

Herrn **Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt** für die freundliche Unterstützung und das Überlassen des Themas der Dissertation.

Des Weiteren bedanke ich mich sehr bei meinem Betreuer **Dr. Sameh Attia** für die tatkräftige Unterstützung, Motivation und für die konstruktiven Gespräche, welche diese Arbeit erst ermöglicht haben.

Auch gilt der Dank den Abteilungen der **Oralchirurgie** und der **Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie**.

Für die Hilfe in der statistischen Auswertung bedanke ich mich hier bei Herrn **Dr. J. Pons-Kühnemann**.

Des Weiteren gilt der Dank **PD. Dr. Dr. H. Schaaf** für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Auch möchte ich mich sehr bei meiner Arbeitsgruppe **Clara Narberhaus** und **Lucas (Simon Hermann) Schilling** bedanken, die alle Höhen und Tiefen beim Entstehen und Schreiben dieser Arbeit miterlebt haben.

15 Tabellarischer Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus der Arbeit entfernt.



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-6778-6



9 783835 196778 6