

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

Retrospektive, bizenrische, klinische Nachuntersuchung
des Straumann-BLX-Implantatsystems

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

Vorgelegt von

Janina Ziegler
aus Groß-Gerau

Mainz, 2025

Wissenschaftlicher Vorstand: Herr Univ.-Prof. Dr. med. Philipp Drees

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion: 15. Dezember 2025

Nachnutzungslizenz: Namensnennung (CC-BY-4.0)

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
2 Literaturdiskussion	2
2.1 Osseointegration	2
2.2 Definition von Implantaterfolg	4
2.3 Versorgungszeitpunkte	8
2.3.1 Implantologische Sofortversorgung	8
2.3.2 Implantologische Frühversorgung/verzögerte Sofortimplantation	9
2.3.3 Spätversorgung	9
2.4 Belastungszeitpunkte	10
2.4.1 Sofortbelastung	10
2.4.2 Früh- und Spätbelastung	10
2.5 Knochenaugmentation	11
2.5.1 Autologe Knochenaugmentation	12
2.5.2 Allogene Knochenaugmentation	13
2.5.3 Xenogene Knochenaugmentation	13
2.5.4 Synthetische Knochenersatzmaterialien	13
2.6 Weitere Risikofaktoren	14
2.6.1 Nikotinabusus bzw. Rauchen	15
2.6.2 Parodontitis	15
2.6.3 Diabetes mellitus	16
2.6.4 Medikation	16
2.6.5 Radiatio	17
2.6.6 Chemotherapie	17
2.7 Augmentationsmethoden	18
2.7.1 Guided Bone Regeneration	18
2.7.2 Interner Sinuslift	18
2.7.3 Externer Sinuslift	18
2.8 Das Straumann® BLX-Implantatsystem	19
2.8.1 Implantat-Aufbau	19
2.8.2 Prothetik-Verbindung	19
2.8.3 Gewinde	20
2.8.4 Implantat-Insertion	20
2.8.5 Roxolid®	21
2.8.6 SLActive®	22
3 Material und Methoden	24
3.1 Studiendesign	24
3.2 Patientenkollektiv	24
3.2.1 Erfassung des Patientenkollektivs	24
3.3 Datenerhebung	25
3.4 Datenverarbeitung und statistische Auswertung	25
3.5 Analyse des Knochenverlusts	25
3.6 Klinische Untersuchung	26

4	Ergebnisse.....	27
4.1	Patientenparameter	27
4.1.1	Geschlecht und Alter	27
4.1.2	Vorhandensein von Risikofaktoren	29
4.2	Implantatparameter.....	31
4.2.1	Implantations- und Versorgungszeitpunkte	31
4.2.2	Implantatverteilung im Kiefer	32
4.2.3	Implantatdurchmesser und -länge.....	35
4.2.4	Chirurgische Parameter	39
4.3	Implantatverluste	50
5	Diskussion	53
5.1	Implantatüberleben.....	53
5.2	Alter und Geschlecht	55
5.3	Risikofaktoren.....	55
5.4	Implantatparameter.....	55
5.5	Chirurgische Parameter.....	56
6	Zusammenfassung	60
7	Literaturverzeichnis.....	62
8	Anhang	69
8.1	Tabellen zum Patientenkollektiv.....	69
8.1.1	Geschlecht	69
8.1.2	Alter.....	69
8.2	Vorhandensein von Risikofaktoren	70
8.2.1	Implantatüberleben in Bezug auf das Vorhandensein von Risikofaktoren	70
8.2.2	Tumorpatienten	71
8.2.3	Radiatio oder Chemotherapie	73
8.2.4	Rauchen	74
8.2.5	Diabetes Mellitus	76
8.2.6	Parodontitis	78
8.2.7	Einnahme von Bisphosphonaten	79
8.2.8	Medikamenteneinnahme	80
8.3	Implantatparameter.....	82
8.3.1	Implantationszeitpunkt	82
8.3.2	Versorgungszeitpunkt.....	82
8.3.3	Vergleich Ober- vs. Unterkiefer und Front- vs. Seitenzahnbereich.....	83
8.3.4	Kategorisierte Implantatdurchmesser	83
8.3.5	Implantatdurchmesser	84
8.3.6	Kategorisierte Implantatlänge	84
8.3.7	Implantatlänge	85
8.3.8	Operator	86
8.3.9	Antibiose.....	87
8.3.10	Vergleich Guided-/Freihand-Operation	94
8.3.11	Einheilmodus	95
8.3.12	Anästhesieform.....	95
8.3.13	Augmentation	96
8.4	Periimplantäres Geschehen.....	100
9	Danksagung.....	101
10	Tabellarischer Lebenslauf	102

Abkürzungsverzeichnis

ARP	Alveolar Ridge Preservation	Alveolarknochenerhalt
BIC	Bone-Implant-Contact	Knochen-Implantat-Kontaktfläche
BOP	bleeding on probing	Blutung auf Sondierung
BRD	Bundesrepublik Deutschland	
B-TCP	B-Tricalciumphosphat	
bzgl.	bezüglich	
ca.	circa	
CCC-Design	Cut-, collect-, condense-Design	
CT	Computertomographie	
DGParo	Deutsche Gesellschaft für Parodontologie	
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde	
DVT	Digitale Volumentomographie	
et. al.	et alia	und andere
EUTCD	European Tissue and Cells Directive	
EZA	Einzelzahnaufnahme	
FCDP	Implant fixed complete dental prosthesis	Implantat fixiert festsitzende Prothese
FPD	Implant fixed partial denture	Implantat fixiert partielle Prothese
GBR	Guided Bone Regeneration	Geführter Knochenaufbau
ICOI	International Congress of Oral Implantologists	Internationaler Kongress der Oralimplantologen
IOD	Implant Overdenture	Implantatgetragene Totalprothese
ITA	Intraorale Tubusaufnahme	
ITN	Intubationsnarkose	
Lp/mm	Linienpaare pro Millimeter	
lt.	laut	
MBL	Marginal bone level	Marginales Knochenniveau
mind.	mindestens	
MRT	Magnetresonanztomographie	
OP	Operation	
PPI	Protonenpumpeninhibitoren	
PSA	Panoramaschichtaufnahme	
PTV	Periotest Value	
RB	regular Base	Reguläre Basis
SC	Implant Single Crown	Einzelkrone
SSRI	Selective Serotonin Reuptake Inhibitor	selektive Serotonin-Wiederaufnahme-Inhibitoren
TiZr	Titan-Zirkonium-Legierung, bei Straumann unter dem Namen Roxolid®	
UpM	Umdrehungen pro Minute	
VEGF	Vascular Endothelial Growth Factor	Angiogenese-induzierendes Molekül
WB	Wide Base	Weite Basis
z.B.	zum Beispiel	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Balkendiagramm zur Altersverteilung im Gesamtkollektiv	27
Abbildung 2: Balkendiagramm zur Altersverteilung der Männer	28
Abbildung 3: Balkendiagramm zur Altersverteilung der Frauen.....	28
Abbildung 4: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf das Geschlecht.	29
Abbildung 5: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug zum Vorhandensein von Risikofaktoren	30
Abbildung 6: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf den Implantationszeitpunkt	32
Abbildung 7: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf den Versorgungszeitpunkt	32
Abbildung 8: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Implantation im Ober- oder Unterkiefer.....	33
Abbildung 9: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Implantation im Front- oder Seitenzahnbereich	34
Abbildung 10: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf den kategorisierten Implantatdurchmesser.....	36
Abbildung 11: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf den genauen Implantatdurchmesser.....	37
Abbildung 12: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die kategorisierte Implantatlänge	38
Abbildung 13: Balkendiagramm zur Verteilung der Implantatlängen auf die Implantatdurchmesser.....	39
Abbildung 14: Balkendiagramm zum Implantatverlust abhängig vom Operateur.....	40
Abbildung 15: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Abhängigkeit vom Operateur.....	41
Abbildung 16: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Abhängigkeit vom Operateur und vom Vorhandensein von Risikofaktoren beim Patienten – mit Risikofaktoren	42
Abbildung 17: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Abhängigkeit vom Operateur und vom Vorhandensein von Risikofaktoren – ohne Risikofaktoren	42
Abbildung 18: Boxplots zur Veranschaulichung der Gabedauer der Medikamente in Abhängigkeit vom Präparat	43
Abbildung 19: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Einnahme einer Antibiose	44
Abbildung 20: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Durchführung einer geführten Operation	45
Abbildung 21: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf den Einheilmodus	46
Abbildung 22: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Art der Anästhesie	47
Abbildung 23: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Augmentation und den Augmentationsmodus.....	48
Abbildung 24: Balkendiagramm zur Verteilung der Knochenersatzmaterialien auf unterschiedliche Augmentationsmethoden.....	49
Abbildung 25: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf das Auftreten einer Periimplantitis.....	51
Abbildung 26: Boxplot zur Verteilung des durchschnittlich gemessenen Knochenabbaus ...	52
Abbildung 27: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens bei Tumorpatienten	71
Abbildung 28: Balkendiagramm zur Verteilung der Patienten auf Tumorpatienten inkl. Art der Therapie.....	72
Abbildung 29: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Behandlung mit Radiatio oder Chemotherapie.....	73
Abbildung 30: Balkendiagramm zur Verteilung des Patientenkollektivs in Bezug auf den Faktor Rauchen	74

Abbildung 31: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf den Faktor Rauchen	75
Abbildung 32: Balkendiagramm zur Häufigkeit von Diabetes im Patientenkollektiv	76
Abbildung 33: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben bei Diabetikern	77
Abbildung 34: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens bei Parodontitispatienten	78
Abbildung 35: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Einnahme von Bisphosphonaten.....	79
Abbildung 36: Balkendiagramm zur Verteilung des Patientenkollektivs auf die Einnahme von Medikamenten.....	80
Abbildung 37: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Einnahme von mehr oder weniger als drei Medikamenten	81
Abbildung 38: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die genaue Implantatlänge	85
Abbildung 39: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Einnahme von SingleShot-Antibiose oder Dauermedikation im Gesamtkollektiv	88
Abbildung 40: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Dauer der Medikamenteneinnahme	89
Abbildung 41: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf unterschiedliche Antibiotika	90
Abbildung 42: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Einnahme von SingleShot-Antibiose oder Dauermedikation bei allen Patienten mit Antibiotikaeinnahme	91
Abbildung 43: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Medikationsdauer bei Patienten mit Antibiotikaeinnahme	92
Abbildung 44: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Medikationsdauer bei Patienten ohne Antibiotikaeinnahme.....	93
Abbildung 45: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf unterschiedliche Antibiotika bei erfolgter Antibiotikaeinnahme	94
Abbildung 46: Balkendiagramm zur Verteilung der unterschiedlichen Knochenersatzmaterialien.....	96
Abbildung 47: Balkendiagramm zur Verteilung der Unterschiedlichen Augmentationsmethoden	97
Abbildung 48: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Augmentationsmethode bei einzeitigem Vorgehen	98
Abbildung 49: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Augmentationsmethode bei zweizeitigem Vorgehen	98
Abbildung 50: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf das Augmentationsmaterial	99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Qualität des Knochenangebots	2
Tabelle 2:	Qualitätsstaffelung für Implantate, Tabelle nach dem „International Congress of Oral Implantologists“, Pisa, Italy, Consensus Conference, 2007 (18)	6
Tabelle 3:	Implantaterfolg nach Papaspyridakos et al (19)	7
Tabelle 4:	Gegenüberstellung Implantationszeitpunkte und Heilungsverlauf der Extraktionsalveole (4, 20)	8
Tabelle 5:	Definition der Belastungszeitpunkte (30).....	10
Tabelle 6:	Resorptionsklassen nach Lekholm und Zarb	11
Tabelle 7:	Resorptionsklassen nach Cawood und Howell	12
Tabelle 8:	Häufigkeitstabelle über die Implantationszeitpunkte.....	31
Tabelle 9:	Häufigkeitstabelle über die Versorgungszeitpunkte	31
Tabelle 10:	Häufigkeitstabelle zur Implantatverteilung im Ober- und Unterkiefer.....	33
Tabelle 11:	Häufigkeitstabelle zur Implantatverteilung im Front- und Seitenzahnbereich	33
Tabelle 12:	Aufschlüsselung der Implantathäufigkeit nach Insertionsregion	35
Tabelle 13:	Häufigkeitstabelle zum kategorisierten Implantatdurchmesser.....	36
Tabelle 14:	Häufigkeitstabelle zu den unterschiedlichen Implantatdurchmessern	36
Tabelle 15:	Häufigkeitstabelle zur kategorisierten Implantatlänge	37
Tabelle 16:	Aufschlüsselung der genauen Implantatlängen.....	38
Tabelle 17:	Implantationen pro Operateur	39
Tabelle 18:	Kreuztabelle zum Implantatverlust abhängig vom Operateur	40
Tabelle 19:	Häufigkeitstabelle zum Implantatverlust in Abhängigkeit vom Vorhandensein von Risikofaktoren sowie zum Operateur	41
Tabelle 20:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Operateur	42
Tabelle 21:	Häufigkeitstabelle der Antibiose.....	43
Tabelle 22:	Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung der geführten Operationen durch Bohrschablonen.....	45
Tabelle 23:	Häufigkeitstabelle zum Vergleich der Einheilmodi.....	46
Tabelle 24:	Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung der Anästhesieformen	47
Tabelle 25:	Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung der Augmentationszeitpunkte	48
Tabelle 26:	Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung periimplantärer Geschehnisse	50
Tabelle 27:	Häufigkeit eines Implantatverlustes	51
Tabelle 28:	Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung eines Implantatfrühverlustes.....	51
Tabelle 29:	Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung eines Implantatspätverlustes	51
Tabelle 30:	Deskriptive Statistik in Bezug auf den gemessenen Knochenabbau der Implantate.....	52
Tabelle 31:	Häufigkeitstabelle der Geschlechterverteilung	69
Tabelle 32:	Häufigkeitstabelle des Implantatverlustes in Bezug auf das Geschlecht	69
Tabelle 33:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Geschlecht.....	69
Tabelle 34:	Statistik des Log-Rank-Tests zu Alter und Implantatverlust	69
Tabelle 35:	Altersverteilung nach Geschlecht.....	69
Tabelle 36:	Log-Rank-Tabelle zum Gesamtüberleben der Implantate in Abhängigkeit vom Vorhandensein von Risikofaktoren.....	70
Tabelle 37:	Mittelwerte und Mediane der generellen Überlebenszeit.....	70
Tabelle 38:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum generellen Implantaterfolg	70
Tabelle 39:	Häufigkeitstabelle zum Vorhandensein von Risikofaktoren	70
Tabelle 40:	Häufigkeitsverteilung von Tumorpatienten	71
Tabelle 41:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Tumorpatient	71
Tabelle 42:	Verteilung der Tumor-Therapiearten.....	73

Tabelle 43:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Radiotherapie oder Chemotherapie	73
Tabelle 44:	Häufigkeitstabelle Raucher	74
Tabelle 45:	Implantatverlust in Bezug auf Rauchen.....	74
Tabelle 46:	Log-Rank-Test in Bezug auf Implantatüberleben und Rauchen	74
Tabelle 47:	Häufigkeitsverteilung von Implantatverlusten in Bezug auf das Implantatüberleben	76
Tabelle 48:	Log-Rank-Test zum Implantatüberleben bei Diabetikern	76
Tabelle 49:	Häufigkeitstabelle zum Implantatüberleben in Bezug auf Parodontitis	78
Tabelle 50:	Log-Rank-Test in Bezug auf das Implantatüberleben bei vorhandener Parodontitis	78
Tabelle 51:	Implantatüberleben in Bezug auf die Einnahme von Bisphosphonaten	79
Tabelle 52:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Einnahme von Bisphosphonaten	79
Tabelle 53:	Häufigkeitsverteilung über den Risikofaktor der Medikamenteneinnahme	80
Tabelle 54:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Risikofaktor der Medikamenteneinnahme	80
Tabelle 55:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Medikamenteneinnahme.....	80
Tabelle 56:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantationszeitpunkt	82
Tabelle 57:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Versorgungszeitpunkt.....	82
Tabelle 58:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Versorgungszeitpunkt	82
Tabelle 59:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Vergleich von Ober- und Unterkiefer.....	83
Tabelle 60:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantation im Ober- oder Unterkiefer	83
Tabelle 61:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Vergleich von Front- und Seitenzahnbereich.....	83
Tabelle 62:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantat im Front- oder Seitenzahnbereich	83
Tabelle 63:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung der kategorisierten Implantatdurchmesser	83
Tabelle 64:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantatdurchmesser	83
Tabelle 65:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung der Implantatdurchmesser.....	84
Tabelle 66:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantatdurchmesser	84
Tabelle 67:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung der kategorisierten Implantatlänge	84
Tabelle 68:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Kategorisierte Implantatlänge	84
Tabelle 69:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Implantatlänge.....	85
Tabelle 70:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantatlänge	85
Tabelle 71:	Kreuztabelle zur Häufigkeit der gesetzten Implantatlängen- und Durchmesser-Kombinationen	85
Tabelle 72:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Operateur	86
Tabelle 73:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Operateur	86
Tabelle 74:	Häufigkeitstabelle SingleShot-Antibiose im Vergleich zur Dauermedikation..	87
Tabelle 75:	Mittelwert und Median der Überlebenszeit in Bezug auf den Faktor Antibiose.....	87
Tabelle 76:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von SingleShot-Antibiose oder Dauermedikation.....	87
Tabelle 77:	Statistik zur Dauer der Antibiotikagabe	88

Tabelle 78:	Häufigkeitstabelle der Medikationsdauer	88
Tabelle 79:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung der Medikationsdauer	89
Tabelle 80:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Medikationsdauer	89
Tabelle 81:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Einnahme einer Antibiose.....	89
Tabelle 82:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Einnahme Antibiose	90
Tabelle 83:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Art des Antibiotikums.....	90
Tabelle 84:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen des Namens des Antibiotikums.....	90
Tabelle 85:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Unterscheidung von SingleShot-Antibiose und Dauermedikation, korrigiert um den Faktor der Einnahme einer Antibiose	91
Tabelle 86:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Single Shot-Antibiose oder Dauermedikation. korrigiert um den Faktor der Einnahme einer Antibiose.....	91
Tabelle 87:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Einnahme einer Antibiose.....	92
Tabelle 88:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Art der Antibiose.....	93
Tabelle 89:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Name des Antibiotikums, korrigiert um den Faktor der Einnahme einer Antibiose	93
Tabelle 90:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung einer Guided- oder Freihand-OP ...	94
Tabelle 91:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Guided-Operation	94
Tabelle 92:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Einheilmodus	95
Tabelle 93:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Einheilmodus	95
Tabelle 94:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Anästhesieform	95
Tabelle 95:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Art der Anästhesie	95
Tabelle 96:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum zeitlichen Ablauf der Augmentation	96
Tabelle 97:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Augmentation und Augmentationsmodus.....	96
Tabelle 98:	Häufigkeitstabelle zum Augmentationsmaterial.....	96
Tabelle 99:	Häufigkeitstabelle zur Augmentationsmethode	97
Tabelle 100:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Augmentationsmethode und zum zeitlichen Ablauf.....	97
Tabelle 101:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen der Augmentationsmethode.....	98
Tabelle 102:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Augmentationsmaterial	99
Tabelle 103:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Augmentationsmaterial	99
Tabelle 104:	Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Auftreten einer Periimplantitis	100
Tabelle 105:	Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Auftreten von Periimplantitis	100

1 Einleitung

Seit vielen Jahren sind dentale Implantate zum Ersatz der Zähne und Kaufunktion etabliert (1-5). Dabei stellen sie die funktionelle Einheit des oro-fazialen Systems wieder her, haben aber auch einen positiven ästhetisch Einfluss auf die Patienten (4). Im Gegensatz zu konventionellen, konservativen Versorgungen haben sie den Vorteil, keine bestehende Zahnhartsubstanz zu schädigen.

Wichtig für eine erfolgreiche Implantation ist, neben einigen weiteren Faktoren, die in der folgenden Arbeit beleuchtet werden sollen, jedoch das Implantatlager: Vergleichbar mit einem Dübel, der in die Wand geschraubt wird, muss auch das Implantat eine ausreichende Knochenverankerung aufweisen, um langfristig eine ausreichende Stabilität für die Suprakonstruktion zu erzielen und so den Zahn möglichst für den Rest des Lebens des Patienten suffizient zu ersetzen. Um dieses Ziel zu erreichen und Zahnersatz immer langzeitstabiler und ästhetisch ansprechender zu gestalten, entwickelt die Industrie stetig neue Implantate mit neuem Design.

Die Entscheidung des Patienten für ein Implantat wird nicht selten auch dadurch beeinflusst, dass ein Implantat ein ästhetisch ansprechenderes Ergebnis verspricht als ein konventionell ersetzter Zahn. Zudem muss für den konventionellen Zahnersatz durch z.B. eine Brücke Zahnhartsubstanz gesunder Nachbarzähne geopfert werden, wodurch diese anfälliger für Karies und Parodontitis werden. Das Implantat sollte daher so gestaltet sein, dass ein möglichst natürlich aussehender Zahnersatz darauf gestaltet werden kann.

Ein Implantat verspricht in der heutigen Zeit sehr lange Überlebensraten und steht der konventionellen Brücken- oder Prothesenversorgung in Sachen Langlebigkeit in nichts mehr nach. Idealerweise sollte ein Implantat von Zeitpunkt der Insertion bis zum Tod des Patienten im Munde verbleiben und keine Probleme mehr verursachen. Dies erfordert auch die Mitarbeit des Patienten, aber auch die Forschung hat ein stetes Interesse daran, die Verlustraten durch kontinuierliche Weiterentwicklung zur besseren Osseointegration und Geringhaltung der infekтанfälligen Angriffsflächen gering zu halten.

Ein Implantat sollte durch seine Form, sein Material und seine Oberflächenbeschaffung möglichst biokompatibel und wenig allergieauslösend sein, um so ein möglichst breites Patientenspektrum abzudecken und eine maximale, möglichst komplikationsarme Überlebensdauer des Zahnersatzes zu gewährleisten.

Doch nicht nur patientenbezogene Aspekte müssen beachtet werden. Auch der implantierende Zahnarzt, der damit sein Behandlungsspektrum erweitert und seinen Patienten weitere, individuelle Versorgungskonzepte anbieten kann, sollte gut mit dem Implantatsystem zurechtkommen. Je einfacher sich die Anwendung gestaltet und je geringer die Risiken sind, desto mehr Patienten kann dieses Behandlungskonzept angeboten werden.

Der Schweizer Implantathersteller „Straumann“ hat in diesem Sinne im Jahre 2018 ein neues Implantatsystem auf den Markt gebracht. Dieses Implantatsystem mit dem Namen „BLX“ soll besonders zur Sofortimplantation gut geeignet sein und durch sein Design unabhängig von der Knochenstruktur eine gute Primärstabilität liefern.

Die folgende Arbeit soll die Langzeitergebnisse der an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsmedizin Mainz gesetzten Implantate sowie die Ergebnisse einer Zahnarztpraxis in Bad Soden veranschaulichen, zudem sollen die Untersuchungsergebnisse unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur untersucht werden.

2 Literaturdiskussion

2.1 Osseointegration

Voraussetzung für eine erfolgreiche, bzw. nicht erfolgreiche Implantatversorgung ist die Osseointegration. Da diese klinisch nicht auf den ersten Blick ersichtlich ist, wird in Studien die Implantatstabilität als direkter Parameter der Osseointegration herangezogen (6). Osseointegration wird laut Brånemark wie folgt definiert: „Unter Osseointegration versteht man eine lichtmikroskopisch sichtbare, feste, direkte und dauerhafter Verbindung zwischen vitalem Knochen und belasteten, schraubenförmigen Titanimplantaten mit definierter Oberfläche und Geometrie“(7, 8).

Faktoren, die die Osseointegration beeinflussen, sind (8, 9):

- Eine atraumatische, chirurgische Präparation des Implantatlagers, dazu gehören niedrige Umlaufzahlen der Implantatbohrer oder eine ständige Bohrer kühlung
- Eine exakte Passung des Implantats zur neu geformten Alveole
- Ausreichende Primärstabilität des verankerten Implantats im Knochenbett
- Eine gute Qualität und Quantität des umliegenden Knochengewebes
- Osseoinduktive Eigenschaften der Implantatoberfläche

Lekholm und Zarb entwickelten 1985 ein Klassifikationssystem zur Beurteilung der verbliebenen Knochenqualität des Alveolarknochens im Ober- und Unterkiefer anhand des Bohrwiderstandes beim Aufbereiten des Implantatlagers:

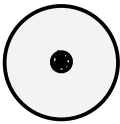
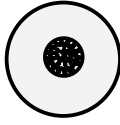
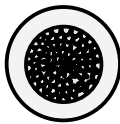
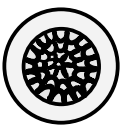
1	Kiefer besteht fast ausschließlich aus homogener, kompakter Knochensubstanz	
2	Breite Kompakta umgibt Bereich dichter Spongiosa	
3	Dünne Kortikalis umgibt dichte Spongiosa mit guter Festigkeit	
4	Dünne Kortikalis umgibt lockere Spongiosastrukturen	

Tabelle 1: Qualität des Knochenangebots

Die Knochenqualität wird in einigen Studien mit der Primärstabilität in Verbindung gebracht. So fassen die Autoren Farré-Pagés et al. in einer Studie von 2011 zusammen: „Die mit der Resonanzfrequenzanalyse gemessene primäre Implantatstabilität hängt von den Knochendichtewerten, der Knochenqualität und der Implantatposition ab“ (10). Auch Friberg et al. fanden bei der Untersuchung von 4.641 Brånemark-Implantaten die höchsten Misserfolgsraten bei stark resorbierten Kiefern (Gruppe D und E). In der Mandibula zeigen sich bei Knochenqualität 1, in der Maxilla der Knochenqualität 4 die höchsten Misserfolgsraten, wobei auch hier zwischen der anterioren, bzw. der posterioren Positionierung des Implantats unterschieden werden muss, zeigen sich in posterioren Bereichen der Maxilla und Mandibula höhere Misserfolgsraten (11).

Problematisch an der Knochenqualität 4 ist, dass das knöcherne Widerlager keine ausreichende Primärstabilität liefert. Dadurch wird die Osseointegration gestört, es kommt häufiger zum Misserfolg (11). Doch auch die hohe Knochendichte des Typ 1 kann zu hohen Implantatverlusten führen, da es bei der Bohrung des Implantatlagers zu Überhitzung und damit nekrotischen Schäden kommen kann.

Doch nicht jede Studie stützt diese Thesen. So konnte Bahat in seiner Studie keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Knochenqualität und -quantität und dem Implantatüberleben feststellen (12).

Die Osseointegration kann in drei Begrifflichkeiten unterteilt werden: Die Primärstabilität, die Sekundär- und die Tertiärstabilität. Jeder der Begriffe findet in unterschiedlichen Stadien der Implantatversorgung seine Anwendung:

Die Primärstabilität beschreibt die rein mechanische Haltekraft, die sogenannte „Presspassung“, die bei der Insertion des Implantates in den aufbereiteten Knochen entsteht. Ein gutes Implantatlager hat damit auch eine gute Primärstabilität zur Folge (8, 9).

Die Einheilung eines Implantates erfolgt in mehreren Phasen und die Stabilität des Implantates folgt keinem linearen Prozess. Nach erfolgter Implantation erfolgt das sogenannte „Bone remodeling“. Die Implantatstabilität sinkt vorerst, da sich der Knochen um das Implantat umbaut. Nach erfolgtem Knochenumbau um das Implantat ist das Implantat idealerweise ankylotisch mit dem Knochen verbunden. Die dadurch erreichte Stabilität des Implantates wird als „Sekundärstabilität“ beschrieben (9).

Die Phasen der Wundheilung um ein Implantat wurden 2004 von Abrahamsson et al. wie folgt beschrieben (8, 9, 13):

1. Entlang der Implantatoberfläche wird ein Blutkoagulum bzw. ein Fibrinnetz ausgebildet. Das Blutkoagulum wird zu Granulationsgewebe umorganisiert, indem Gefäßzellen und mesenchymale Stammzellen einsprießen (ca. Tag 4).
2. Osteoklasten bauen das Fibrinnetz und nekrotische Gewebeanteile ab.
3. Prä-Osteoblasten besiedeln die Implantatoberfläche und die Osteotomielinie.
4. Die Prä-Osteoblasten differenzieren sich zu Osteoblasten und bilden eine unmineralisierte Matrix (= Osteoid).
5. Calcium- und Phosphateinlagerungen in das Osteoid führen zur Bildung von „woven bone“, also „unreifem“ Geflechtknochen entsprechend einem Kallus bei der Frakturheilung (ca. 1 Woche post implantationem).
6. Durch Umbauvorgänge wird der Geflechtknochen in lamellären Knochen, also funktionell aktiven Knochen, umgebaut (nach ca. 4 Wochen ist bereits ein Großteil des Geflechtknochens in lamellären Knochen umgebaut). Damit ist die Osseointegration des Implantates abgeschlossen, es ist eine bindegewebsfreie, ankylotische Verbindung zwischen Knochen und Implantat entstanden.

Diese Umbauvorgänge bestimmen die Sekundärstabilität des Implantates. Erfolgt die Osseointegration nicht, so bildet sich lediglich eine bindegewebige Verbindung zwischen Implantat und Knochen, die Sekundärstabilität ist gering. Eine solche Einheilung wird, wie im folgenden Abschnitt beschrieben, als „Implantatversagen“ gewertet und ist eine Indikation zur Explantation (8).

Die Tertiärstabilität entsteht durch die funktionelle Belastung des Implantats, indem sich die Knochenlamellen im Lamellenknochen entsprechend den Spannungsspitzen, die auf das Implantat wirken, ausrichten.

Bis heute kann mit der vorliegenden Literatur nicht geklärt werden, wann es sich um einen Implantaterfolg handelt oder nicht. Der Begriff „Implantaterfolg“ ist in der wissenschaftlichen Literatur bislang nicht einheitlich definiert. Abhängig von den Studienautoren können mehrere

Definitionen für einen Implantaterfolg herangezogen werden. Dabei sollten die Begriffe „Überlebensrate“ und „Implantaterfolg“ unterschieden werden (14).

2.2 Definition von Implantaterfolg

Als Überlebensrate wird der prozentuale Anteil der Implantate bezeichnet, der sich zum Messzeitpunkt noch in situ befinden (14). Doch auch hier treten Probleme auf. Die Indikation zur Explantation wird je nach Behandler unterschiedlich streng gestellt, auch wird nicht unterschieden, ob ein Implantat belastet wurde oder nicht. Ebenso werden radiologische Parameter nicht mit einbezogen (14). Es handelt sich daher um eine rein quantitative, nicht jedoch qualitative Analyse (14).

Zur qualitativen Analyse, dem sogenannten „Implantaterfolg“, eignet sich die sogenannte Erfolgsrate. Je nach Autor werden jedoch unterschiedliche Erfolgskriterien genannt.

Eine erste Definition wurde entstand 1978 bei der National Institutes of Health Consensus Development Conference entwickelt (14). Diese enthalten folgende Kriterien:

- Die Mobilität soll <1mm in jeder Richtung betragen
- Knochenabbau < 1/3 der Implantatlänge
- Gute Okklusion
- Korrekte vertikale Dimension
- Bei Weichgewebeentzündung: Ansprechen auf Therapie
- Keine weiteren Anzeichen einer Infektion, Schädigung von Nachbarzähnen, Parästhesie, Anästhesie
- Keine Verletzung des Canalis mandibularis, des Sinus maxillaris oder des Cavum nasi
- Periimplantäres Bindegewebe gesund und frei von polymorphkernigen Granulozyten
- Erfolgsrate > 75% nach 5 Jahren Beobachtungszeit = Erfolg

Eine Studie von Albrechtsson et.al von 1986 legte dagegen folgende Kriterien fest:

- Das einzelne, unverblochte Implantat ist klinisch nicht beweglich
- In radiologischen Aufnahmen zeigen sich keine Anzeichen einer periimplantären Radioluzenz
- Der vertikale Knochenverlust beträgt weniger als 0,2mm im ersten Jahr post implantationem unter Belastung
- Klinisch zeigen sich am Implantat keine Anzeichen persistierender und/oder irreversible Zeichen und Symptome wie Schmerz, Infektionen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzungen des Mandibularkanals.
- Dazu kommt eine Erfolgsrate von 85% in einem 5-Jahres-Beobachtungszeitraum und 80% am Ende eines 10-Jahres-Beobachtungszeitraums (14, 15).

Die Autoren Smith und Zarb erweiterten diese Definition im Jahre 1989 um den Aspekt, dass die Implantatposition keine Versorgung des Implantats mit einer Suprakonstruktion (im Original als „Krone“ oder „Prothese“ bezeichnet) ausschließt, deren Erscheinung für den Patienten und Zahnarzt annehmbar ist (14, 16).

In weiteren Studien wurden weniger strenge Kriterien zur Beurteilung genutzt. So ist laut Buser et al. 1990 von einem Implantaterfolg zu sprechen, wenn folgende Kriterien erfüllt sind (17):

- Keine manuelle Mobilität des Implantats
- Keine Radioluzenzen um das Implantat
- Keine Schmerzen, keine Blutung auf Sondierung (BOP), keine Infektion mit Suppuration und erhöhte Sondierungstiefen (Implantatschulter als Referenz)
- Keine Sensitivität

Im Gegensatz zu den vorher genannten Autoren unterscheiden Buser und seine Kollegen in ihrer Studie allerdings auch „frühe“ und „späte“ Misserfolge, wobei „frühe Misserfolge“ als Komplikationen im Zeitraum von 3-5 Monaten und späte Misserfolge im anschließenden Zeitraum nach abgeschlossener Knochenheilung interpretiert werden (17). Die Implantatmobilität ist laut Buser et. al. allerdings nur in der frühen Heilungsphase ein guter Indikator für einen Implantatmisserfolg, da nach abgeschlossener ankylotischer Verbindung zwischen Knochen und Implantat eine periimplantäre Infektion erst sehr spät einen Knochenverlust und damit einhergehend eine Mobilität zur Folge hat. Damit stellt die Implantatmobilität zwar einen hoch spezifischen, aber wenig sensitiven Parameter für den Implantaterfolg dar (17).

Im Jahre 1992 entwickelten die Autoren Jahn und d’Hoedt folgende Erfolgsparameter (14, 18):

- Die periimplantäre Sulkustiefe darf bei zwei aufeinander folgenden Untersuchungen nicht mehr als 4mm betragen
- Die klinische Implantatbeweglichkeit darf den laut DGParo festgelegten Lockerungsgrad von 1 nicht überschreiten, was eine fühlbare Beweglichkeit von weniger als 1mm in horizontaler Dimension entspricht
- Am Implantat darf röntgenologisch kein beidseitig durchgehender Spalt mit einer Breite > 0,5mm erkennbar sein.
- Der anguläre Knochendefekt (entspricht dem Mittelwert der mesial und distal gemessenen Knochentasche am Röntgenbild) darf nicht mehr als 30% der konstruktiv enossalen Implantatlänge betragen
- Die subjektive Bewertung des Implantates durch den Patienten darf entsprechend dem deutschen Schulnotensystem nicht weniger als „befriedigend“ betragen

Diese Einbeziehung der subjektiven Patientenbeurteilung hat signifikant größere Misserfolgsraten mit bis zu 20% niedrigerer Erfolgsquote zur Folge (18). Es lässt sich kein statistischer Zusammenhang zwischen den subjektiven Patientenparametern und den objektiv durch den Behandler messbaren Parametern erkennen (18).

Auch Naert et al. haben 1992 einen Artikel zum Implantatüberleben und zum Implantaterfolg veröffentlicht. Im Gegensatz zu vorherigen Studien wurde hier zwischen der „Integration“ und der „Nonintegration“ unterschieden.

Eine Nonintegration wurde wie folgt definiert (19):

- Die unverbundene Suprakonstruktion zeigt das kleinste Zeichen von Mobilität, wenn das Abutment zwischen zwei Instrumentengriffen eingeklemmt und bewegt wird
- Radiologisch lässt sich eine periimplantäre Radioluzenz erkennen
- Der Patient verspürt Zeichen oder Symptome wie Schmerz oder eine Entzündung um die Suprakonstruktion.

Diese eher vage Beschreibung eines „Implantatmisserfolgs“ beruht darauf, dass für die Autoren Albrektsson et al. die in früheren Artikeln zum Thema „Implantatversagen“ genannten 0,2mm maximalen Knochenabbau im ersten Jahr post implantationem (20) nicht mit einem Implantatversagen gleichzusetzen war, da sie eine durchaus größere Spannweite von Knochenabbauten von -2 bis zu +0,5mm maßen, die mit einem Langzeiterfolg des Implantats vereinbar waren (19).

Erweitert wurde diese Definition einer Nonintegration bzw. eines Implantatversagens im Jahr 2000 durch Naert und Snauwaert et al. durch folgende Parameter (21):

- Das einzelne, unverbundene Implantat ist sichtlich beweglich oder erreicht im Periotest einen Periotest value (PTV) von ≥ 8
- Radiologisch zeigt sich eine periimplantäre Transluzenz
- Ein Implantat verursacht Schmerz, Infektion oder Parästhesie
- Eine Implantatfraktur
- Das Implantat ist aufgrund seiner Fehlpositionierung nicht als Stütz- oder Retentionselement geeignet (iatrogenes Versagen)

Entsprechend eines Konsensuspapieres der DGZMK (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund und Kieferheilkunde) aus dem Jahr 2000 werden sowohl klinische wie radiologische Kriterien zur Beurteilung des Implanterfolgs herangezogen (22). In dieser Stellungnahme werden nahezu ausschließlich Negativkriterien benannt, deren Ausbleiben eine Bedingung für eine erfolgreiche Implantatversorgung darstellt (22). So soll sich ein erfolgreiches Implantat klinisch fest, entzündungs- und schmerzfrei in situ zeigen, radiologisch darf keine periimplantäre Osteolyse erkennbar sein (22). „Dabei sollte die Abnahme der periimplantären Knochenhöhe 0,2mm nach dem 2. Jahr post implantationem nicht überschreiten“ (22). Eine nachträgliche Explantation oder funktionelle Stilllegung des Implantats muss ebenfalls als Misserfolg gewertet werden (22).

Eine der aktuellsten Definitionen stammt aus dem Jahr 2007 und wurde beim „International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference“ beschlossen (23). Bei diesem Kongress wurde der sogenannte „ICOI Pisa Implant Quality of Health Scale“ entwickelt, der für die Beurteilung von Implantaten einen Leitfaden geben soll. Ebenso soll er einen Leitfaden zur Behandlung bei auftretenden Problemen geben. In der Skala wird zwischen „Erfolg“, „Überleben“ und „Fehlschlag“ unterschieden (23).

Qualitätsstaffelung für Implantate, Gruppe	Klinische Bedingungen
I. Erfolg (optimaler Gesundheitszustand)	<ul style="list-style-type: none"> a) Keine Schmerzen oder Empfindlichkeiten bei Aufnahme der Funktionalität b) 0 Mobilität c) <2mm radiologisch festgestellter Knochengewebsverlust nach erster Operation d) Keine Exsudationshistorie
II. Zufriedenstellende Überlebensrate	<ul style="list-style-type: none"> a) Keine Schmerzen bei Funktionsaufnahme b) 0 Mobilität c) 2-4mm radiologisch festgestellter Knochengewebeverlust d) Keine Exsudationshistorie
III. Beeinträchtigte Überlebensrate	<ul style="list-style-type: none"> a) Eventuell auftretende Sensitivitäten bei Funktionsaufnahme b) Keine Mobilität c) Radiologisch festgestellter Knochengewebeverlust >4mm (weniger als die Hälfte des Implantatlänge) d) Sondierungstiefe > 7mm e) Eventuell vorliegende Exsudationshistorie
IV. Versagensfälle (= Fehlschlag, klinisches oder absolutes Versagen)	<p>Einer der nachfolgenden Gründe:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Auftreten von Schmerzen bei Funktionsaufnahme b) Mobilität c) Radiologisch festgestellter Knochengewebeverlust > ½ der Implantatlänge d) Unkontrollierbares Exsudat e) Nicht mehr in situ

Tabelle 2: Qualitätsstaffelung für Implantate, Tabelle nach dem „International Congress of Oral Implantologists“, Pisa, Italy, Consensus Conference, 2007 (23)

Eine Übersichtsstudie der Autoren Papaspyridakos et al. aus dem Jahr 2012 hat die häufigsten zum Implantaterfolg herangezogenen Parameter zwischen den Jahren 1980 und 2010 zusammengefasst (24). Die Studienautoren haben zur besseren Vergleichbarkeit der Artikel die Art des Zahnersatzes differenziert in „Implant fixed complete dental prosthesis = FCDP“, „Implant fixed partial denture = FPD“, „Implant Overdenture = IOD“ und „implant single crown = SC“. Als Erfolgskriterien wurden folgende Parameter mit spezifischen Bewertungskriterien herausgearbeitet (24):

Implantatlevel	<ul style="list-style-type: none"> • Schmerz • Knochenabbau im 1. Jahr < 1,5mm • Danach jährlicher Knochenverlust < 0,2mm • Radiotransluzenz • Mobilität • Infektion
Periimplantäres Weichgewebe	<ul style="list-style-type: none"> • Sondierungstiefe > 3mm • Suppuration • Blutung • Schwellung • Plaque-Index • Breite der keratinisierten Mukosa > 1,5mm • Rezession
Prothetische Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Geringfügige Komplikationen (Lösung chairside möglich) • Größere Komplikationen/ Versagen • Ästhetik • Funktionalität
Patientenzufriedenheit	<ul style="list-style-type: none"> • Unwohlsein/ Parästhesie • Zufriedenheit mit dem Erscheinungsbild • Kaufunktion • Geschmack unbeeinträchtigt • Generelle Zufriedenheit

Tabelle 3: Implantaterfolg nach Papaspyridakos et al (24)

Mit steigender Anzahl der hinzugezogenen Parameter verringerte sich auch die beobachtete Erfolgsrate in den Studien (24). Dazu muss jedoch gesagt sein, dass nicht in jeder herangezogenen Studie alle Parameter beachtet wurden (24). Ein Vergleich der Studienergebnisse gestaltet sich daher als schwierig, was die Notwendigkeit einer einheitlichen Definition und Bewertung von Implantaten betont. Die Autoren urteilen abschließend, dass in klinischen Studien zum Implantaterfolg vorrangig die Parameter auf Implantatlevel und das periimplantäre Weichgewebe betreffende Parameter zur Beurteilung eines Implantaterfolges herangezogen wurden, die Parameter der prothetischen Versorgung und der Patientenzufriedenheit jedoch weniger Beachtung fanden. Insgesamt solle der Implantaterfolg als Zusammenspiel aus implantologischen und prothetischen Faktoren gewertet werden (24).

2.3 Versorgungszeitpunkte

Die Versorgung einer Extraktionsalveole mit einem dentalen Implantat kann in verschiedenen Phasen der Weich- und Hartgewebeeinheilung erfolgen. Der Zeitpunkt hat unmittelbaren Einfluss auf das Implantatüberleben und funktionelle, sowie ästhetische Parameter.

Implantationszeitpunkt	Einteilung nach ITI-Konsensuskonferenz 2004 (Hammerle, Chen et al. 2004)	Zeitfenster	Physiologische Heilungsphasen nach Zahnextraktion (Chen, Wilson et al. 2004)	Vorteile	Nachteile
Sofortimplantation	Typ I	< 1Tag	Blutkoagel	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger Operationen • Geringere Gesamtbehandlungsdauer • Geringste Knochenresorption 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei dünner Gingiva unsicheres ästhetisches Ergebnis • Operativ anspruchsvoll • Erreichen der Primärstabilität ist erschwert
Frühimplantation	Typ II	4 bis 8 Wochen	Weichgewebliche Abheilung abgeschlossen	<ul style="list-style-type: none"> • Lokale Pathologien abgeheilt • Weichgewebe ausgeheilt • Primärer Wundverschluss möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Beginnende Knochenresorption • Erreichen der Primärstabilität erschwert • Längere Gesamtbehandlungszeit
	Typ III	12 bis 16 Wochen	Partielle knöcherne Ausheilung (ca. 2/3 der Alveole)	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserte Stabilität aufgrund der fortgeschrittenen Knochenheilung 	<ul style="list-style-type: none"> • Längere Gesamtbehandlungszeit • Knochenresorption
Spätimplantation	Typ IV	> 16 Wochen	Knöcherne Ausheilung der Alveole abgeschlossen	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Implantation durch abgeschlossene Knochenheilung 	<ul style="list-style-type: none"> • Längste Gesamtbehandlungszeit • Erhöhte Knochenresorption

Tabelle 4: Gegenüberstellung Implantationszeitpunkte und Heilungsverlauf der Extraktionsalveole (4, 20)

2.3.1 Implantologische Sofortversorgung

Bei der implantologischen Sofortversorgung handelt es sich um ein Konzept, bei dem die nach der Zahnextraktion verbliebene Alveole sofort, bzw. innerhalb der ersten Woche mit einem Implantat versorgt wird (8, 9). Dem gegenüber steht das Konzept der Frühimplantation, auch verzögerte Sofortimplantation genannt, mit abgeheilten Weichgewebsverhältnissen und nicht-abgeschlossener Knochenheilung in einem Zeitraum zwischen 6 Wochen und 4 Monaten (8, 9, 25) und das der Spätimplantation, bei dem das Implantat in ausgeheilte Weich- und Hartgewebsverhältnisse inseriert wird (8, 9).

Der Vorteil dieses Vorgehens gegenüber der verzögerten Sofortimplantation und der Spätimplantation ist der maximale Erhalt des Alveolarfortsatzes, da die meiste Knochenresorption in den sechs Monaten post extractionem stattfindet, sofern die Alveole nicht durch eine sogenannte „Socket preservation“ erhalten wird, bei der die Extraktionsalveole mit Knochenersatzmaterial gefüllt und so erhalten wird (26). Auch können so die Weichgewebsverhältnisse, insbesondere die Interdentalspapille, unter Beachtung spezifischer Operationsparameter erhalten werden. Ebenso verkürzt sich hierbei der Behandlungszeitraum und die Anzahl der notwendigen Zahnarzttermine, was dem Behandler neue Geschäftsmöglichkeiten und mehr Zeit für die Versorgung anderer Patienten ermöglicht (8, 9, 26). In Vergleichsstudien zeigt sich in Bezug auf die Implantationserfolgsrate allerdings ein signifikanter Unterschied zwischen der „Alveolar ridge preservation“ und der „immediate implantation“ (27). Allerdings ist laut Studienautoren dieses Ergebnis aufgrund der kleinen Stichprobe nicht repräsentativ

und die Erfolgsrate auch bei dieser Metaanalyse mit 95,21% relativ hoch (27). Im Gegensatz dazu beschreiben Donos et al. In ihrem Konsensuspapier eine 100%ige Überlebensrate bei Sofortimplantaten mit Frühbelastung und eine 90%ige Überlebensrate bei Sofortimplantation mit Sofortbelastung (25), wohingegen Spätimplantationen mit Sofortbelastungen eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 96,1% und Spätimplantationen mit Frühbelastungen eine Überlebensrate von 97,4% aufwiesen.

Wichtige Parameter für die Möglichkeit einer Sofortversorgung stellen dar (8, 9):

- Eine dicke, intakte Gingiva, der sogenannte „low-scalloped“ Gingivatyp
- Eine intakte Alveole (atraumatische Zahnentfernung)
- Das Fehlen marginaler und apikaler Entzündungen
- 1-2 wurzelige Zähne
- Inkongruenzen zwischen Implantat und Alveole sind kleiner als 2mm oder es wird eine Augmentation mit Knochenersatzmaterial durchgeführt

2.3.2 Implantologische Frühversorgung/verzögerte Sofortimplantation

Die sogenannte „verzögerte Sofortimplantation“ oder auch als „implantologische Frühversorgung“ bezeichnete Implantationsform unterscheidet sich von der Sofortimplantation im Zeitpunkt der Implantatinsertion und wird selbst nochmal in zwei Unterformen eingeteilt (4, 28). Ein Vorteil dieser Implantationsmethode ist, dass für eine gedeckte Einheilung des Implantats kein Mukoperiostlappen mehr gehoben werden muss und es so nicht zu einer Verschiebung der Grenze zwischen freier und fixierter Schleimhaut, da die weichgewebliche Abheilung über der Alveole bereits erfolgt ist (8, 9). Die verzögerte Sofortimplantation wird besonders bei Vorliegen entzündlicher Veränderungen, z.B. einer apikalen Parodontitis, empfohlen, oder in ästhetisch anspruchsvollen Bereichen, in denen eine Verschiebung der mukogingivalen Grenzlinie optische Einbußen zur Folge hätte (9). Bei dieser Art der Implantation ist der Resorptionsgrad der Alveole im Vergleich zur Spätimplantation noch relativ gering und es sind weniger aufwendige augmentative Maßnahmen notwendig (4, 28). Häufig wird diese Art der Implantation angewendet, wenn aufgrund akut entzündlicher Prozesse in der Alveole, lokaler Pathologien oder anatomischer Kompromittierung eine Sofortimplantation nicht indiziert ist (4, 28). In einer Meta-Analyse zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im Outcome zwischen Sofort-, Früh- und Spätimplantationsprotokollen und eine höhere Stabilität der periimplantären Hartgewebe im Vergleich zu Sofortimplantaten (29).

2.3.3 Spätversorgung

Die Spätimplantation erfolgt in einem Zeitraum von 4 bis 6 Monaten post extractionem, wenn sowohl die Weichgewebe als auch die Hartgewebe weitgehend ausgeheilt sind (4, 9). Die Spätimplantation weist die höchsten Nachbeobachtungszeiträume auf und selbst unter lokalen und systemischen Einschränkungen werden hohe Implantatüberlebensraten beschrieben (4, 5). Nach der Zahnextraktion kommt es im Knochen zu physiologischen Resorptionen, wobei die Höhenresorption geringer ausfällt als die Resorption in der Breite (30). Um dem entgegenzuwirken, kann auf die sogenannte „Alveolar Ridge Preservation“, kurz ARP, zurückgegriffen werden. In einer Meta-Studie wurden für Sofortimplantate im Vergleich zu ARP-Spätimplantationen signifikant niedrigere Überlebensraten bei vergleichbarer Patientenzufriedenheit dokumentiert (31). Die Spätimplantation stellt damit das Verfahren der Wahl da, wenn kompromittierende lokale oder systemische Faktoren vorliegen, die eine Sofort- oder Frühimplantation beeinträchtigen können (4).

2.4 Belastungszeitpunkte

Neben dem Zeitpunkt der Implantation kann zwischen unterschiedlichen Belastungszeitpunkten des Implantats unterschieden werden. Der Begriff „-belastung“ sollte nicht mit dem Begriff der „-versorgung“ verwechselt werden. Von Belastung wird gesprochen, wenn die Suprakonstruktion des Implantats in Okklusion und Funktion zur Gegenkieferbezahnung steht, was bei einem Provisorium nicht zwangsläufig der Fall ist (32).

Belastungsprotokoll	Belastungszeitpunkt
Sofortbelastung/ Immediate loading	≤ 48h nach Implantation
Frühbelastung/ Early loading	> 48h, aber < 3 Monate nach Implantation
Konventionelle Belastung/ Conventional loading	Zwischen 3 und 6 Monaten
„Verspätete“ Belastung/ Delayed loading	Nach 3 bis 6 Monaten

Tabelle 5: Definition der Belastungszeitpunkte (33)

2.4.1 Sofortbelastung

Bei der Sofortbelastung wird die endgültige Versorgung unmittelbar mit der Implantation vorgenommen. Sie stellt heutzutage, bei korrekter Indikationsstellung, ein gutes Versorgungskonzept dar. Eine Metaanalyse von Moraschini et al. zu Unterschieden bzgl. des Implantaterfolgs singulärer Implantate in der posterioren Mandibula ergab keine Unterschiede in der Überlebensrate von sofortbelasteten und spätbelasteten Implantaten. Ebenso wenig ergaben sich signifikante Unterschiede in der marginalem Knochenhöhe. Es ergaben sich lediglich höhere Sondierungstiefen bei sofortbelasteten Implantaten, allerdings ohne statistische Signifikanz. Damit ergeben sich mit einem herkömmlichen Versorgungsprotokoll vergleichbare Überlebensraten (34). Dies bestätigt auch eine weitere Metaanalyse aus 2016 von den Autoren Zhang et al. Die Metaanalyse bestätigte, dass es keinen erkennbaren Unterschied in der Implantatversagensrate zwischen Sofort- und Nicht-Sofortbelastungen gab. Zudem ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den Implantat-Stabilitätsquotienten (ISQ) und die marginale Knochenhöhe („marginal bone level“ = MBL). Tatsächlich ergab sich in der Studie sogar eine geringere Knochenhöhenänderung bei Sofortbelastung als bei der konventionellen Versorgung. Einschränkend geben die Autoren zu bedenken, dass die Grundlage für die guten Erfolgsergebnisse natürlich die sorgfältige Auswahl der Fälle darstellt (35). Der Vorteil des Sofortversorgungskonzeptes ist die Reduktion der Behandlungszeit und eine schnelle, ästhetisch hochwertige Restauration sowie Regeneration der mastikatorischen und phonetischen Einschränkungen (34, 35).

2.4.2 Früh- und Spätbelastung

Die beiden Behandlungskonzepte der Früh- und Spätbelastung haben zum Nachteil, dass der Patient zu einem zweiten Termin in der versorgenden Institution erscheinen muss. Ursprünglich wurde jedoch angenommen, die unbelastete Einheilzeit von 3 bis 6 Monaten sei notwendig, um eine ausreichende Osseointegration zu erzielen (35), wie es Studien von Ding et al. zuvor nahelegten (36). Andere Studien zeigen, dass die Faktoren der sorgfältigen Patientenselektion, die Primärstabilität, die Expertise des Chirurgen und eine Schienung des Implantats die unbelastete Einheilzeit nicht zwangsläufig notwendig machen und die Prognose sofortbelasteter Implantate positiv beeinflussen (37). So lassen sich in einigen Metastudien, wie oben beschrieben, keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf das Implantatüberleben feststellen.

2.5 Knochenaugmentation

Bei der Knochenaugmentation handelt es sich um eine Methode, den Knochen, der bereits abgebaut oder aufgrund traumatischer Ereignisse verloren gegangen ist, wieder aufzubauen und damit wieder eine ausreichende Knochenhöhe für die Implantation zu erreichen (8, 9). Während sich beide Alveolarfortsätze mit fortschreitender Dauer der Zahnlosigkeit in sagittaler Ebene verschmälern, erlebt der Oberkiefer eine transversale Verschmälerung, der Unterkiefer eine transversale Verbreiterung (9). Die Resorptionsklassen des Ober- und Unterkiefers wurden sowohl von Lekholm und Zarb als auch von Cawood und Howell kategorisiert (9, 38):

Einteilung nach Lekholm und Zarb:

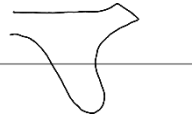
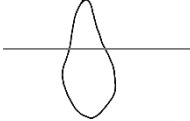

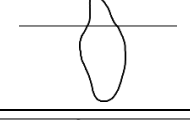

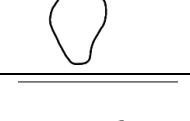

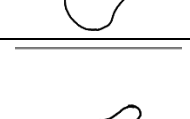
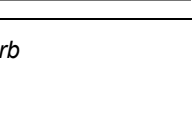

Kieferkontur			
A	Fast vollständig erhaltener Alveolarfortsatz		
B	Geringfügige Resorption des Alveolarfortsatzes		
C	Fortgeschrittene Resorption des Alveolarfortsatzes (bis Basalbogen)		
D	Beginnende Resorption des Basalbogens		
E	Extreme Resorption des Basalbogens		

Tabelle 6: Resorptionsklassen nach Lekholm und Zarb

Einteilung nach Cawood und Howell:






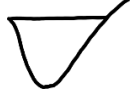






Kieferkontur			
Klasse 1	bezahnter Kieferkamm		
Klasse 2	Alveole unmittelbar nach Extraktion		
Klasse 3	Alveole verheilt, Alveolarfortsatz hoch, breit und abgerundet		
Klasse 4	hoher, scharfer Kieferkamm (messerschneidenartig)		
Klasse 5	mäßig breiter, jedoch deutlich höhenreduzierter Alveolarfortsatz		
Klasse 6	vollständig resorbierter Processus alveolaris maxillae (im Extremfall bildet der Kieferkamm eine Ebene mit dem Hartgaumen)		

Tabelle 7: Resorptionsklassen nach Cawood und Howell

Da der ortsständige Knochen zur Implantation nicht ausreichend ist, ist ein Knochenaufbau notwendig. Um dies zu erreichen, stehen unterschiedliche Materialien und Methoden zur Verfügung.

2.5.1 Autologe Knochenaugmentation

Autologe Materialien sind körpereigen (= vom selben Individuum, (8)) und können zum Beispiel durch die Verwendung der bei der Implantation entstehenden Bohrspäne gewonnen werden. Autologe Materialien sind derzeit der Goldstandard (9, 39). Die Vorteile der autologen Augmentation sind die ausbleibende immunologische Reaktion des Körpers auf den Fremdkörper. Dennoch haben autologe Materialien auch ihre Nachteile. So muss ggf. ein zweiter Eingriff erfolgen, sollte eine Entnahme des Knochenmaterials nicht intraoral möglich sein, zudem erfolgt auch an der Entnahmestelle eine Vernarbung, sofern das Material nicht aus dem ohnehin eröffneten Operations (OP)-Situs stammt. Zudem sind mit einem zweiten Eingriff höhere Kosten verbunden und durch die zweite Wunde besteht ein höheres Infektionsrisiko (39, 40).

2.5.2 Allogene Knochenaugmentation

Allogene Materialien, auch als Allografts bezeichnet, stammen von der gleichen Spezies, nicht jedoch vom gleichen Individuum (8). Es handelt sich dabei um mineralisierte (= osteokonduktiv, Knochenwachstum fördernd) oder demineralisierte (= osteoinduktiv, Knochenwachstum indizierend durch Induktion pluripotenter Stammzellen) gefriergetrocknete Knochentransplantate (9). Im Gegensatz zum autologen Knochen besteht aufgrund der anderen Zellgenetik theoretisch das Risiko einer immunologischen Reaktion. Zudem sind Infektionsübertragungen möglich, weshalb in vielen Langzeitstudien von Misserfolgen berichtet wird (39). Aufgrund der in Europa herrschenden Gesetzeslage durch das „European Tissue and Cells Directive, EUTCD 2004 und dem neuen Medizinproduktegesetz von 2017 sind Knochen- und Gewebespenden erschwert, was die allogenen Transplantate eher unattraktiv für den Markt macht (39).

2.5.3 Xenogene Knochenaugmentation

Xenogene Materialien sind heterolog und stammen von einer anderen Spezies (8). Meist sind sie bovinen Ursprungs und haben osteokonduktive Eigenschaften, zudem sind sie leicht herzustellen. Der Knochen ist deproteiniert und porös, wodurch der Ersatzknochen von körpereigenen Zellen resorbiert und ersetzt werden kann (9). Dennoch sind auch xenogene Knochenersatzmaterialien nicht ohne Nachteile. So enthalten diese Materialien durch ihre Verarbeitung keine lebenden Zellen und damit keine osseoinduktiven Eigenschaften mehr, zudem kann es zu einer Abstoßungsreaktion durch den Wirt kommen und einer Übertragung von Krankheiten durch Viren und Bakterien kommen (39, 41). Das Augmentat scheint über lange Zeit stabil zu sein, jedoch wird das Material nur langsam resorbiert und durch humanen Eigenknochen ersetzt (39, 42). In Langzeitstudien zeigt sich jedoch der Erfolg der xenogenen Knochenersatzmaterialien: In einer Langzeitstudie von Knöfler et al., die sich über einen Beobachtungszeitraum von 20 Jahren erstreckte, stellten sich höhere absolute Überlebensraten bei Implantaten mit Augmentation ein als bei Implantaten ohne Augmentation. Bei 53% der dort beobachteten, augmentierten Implantate wurde mit Bio-Oss, einem xenogenen Knochenersatzmaterial, augmentiert (43). Generell scheint es sich bei der Augmentation mit xenogenen Knochenersatzmaterialien um die am häufigsten verwendete Art der simultanen Augmentation in Europa zu handeln, in Kombination mit einer Biomembran. Dabei ergaben sich souveräne Ergebnisse (39, 44, 45).

2.5.4 Synthetische Knochenersatzmaterialien

Synthetische Knochenersatzmaterialien scheinen in der Implantologie weniger verbreitet zu sein als die anderen Augmentationsmaterialien (39, 43). Dennoch haben sie Vorzüge gegenüber den xenogenen und allogenen Knochenersatzmaterialien. Synthetische Knochenersatzmaterialien zeigen keine immunologischen Reaktionen (45). Die Vielfalt der synthetischen Knochenersatzmaterialien scheint schier unerschöpflich. So gehören zu den synthetischen Materialien Hydroxyapatite, Tricalciumphosphat-Keramiken, biphasische Calcium-Phosphat-Keramiken, Biogläser, Calciumphosphatzemente, Calciumsulfate, Polymere, Metalle, Composite und Mischungen (9, 45). Die Vielfalt der Materialien bedingt auch vielfältige Eigenschaften und Indikationsbereiche (45). Beispielhaft soll hier das β -Tricalciumphosphat (β -TCP) genannt werden. Das Tricalciumphosphat ist indiziert bei mehrwandigen Defekten wie periimplantären Defekten oder Sinusbodenelevationen und hat osteokonduktive Eigenschaften. Zudem ist es im Handling einfach und die Radioopazität erlaubt eine röntgenologische Kontrolle des Heilungsprozesses, zudem ist es gut resorbierbar und in vitalen Knochen umwandelbar (45). Die polygonale, offene Struktur mit interkonnektierenden Poren erlaubt eine schnelle Migration der Osteoblasten und eine komplette Transformation binnen 6-9 Monaten nach Insertion, ebenso eine schnelle Neoangiogenese. Bei der Resorption des Tricalciumphosphates kommt es zu einer Freisetzung von Calciumionen, welche wiederum die Proliferation von Osteoklasten und Osteoblasten beeinflusst. Die Partikel dürfen eine gewisse Größe nicht unterschreiten,

da sonst eine Phagozytose durch Makrophagen induziert wird. Dies ist bei synthetischen Materialien weitaus besser steuerbar als bei natürlichen Materialien (42). Der Nachteil dieser vollständig resorbierbaren Materialien ist ein unweigerlicher Volumenverlust, wie es auch bei autologem Knochen der Fall ist (42). Dennoch ist der Marktanteil aufgrund der oft eher geringen Evidenz noch relativ klein (39).

2.6 Weitere Risikofaktoren

Jeder Patient bringt durch seine Anamnese individuelle Risikofaktoren mit, die eine Osseointegration erschweren oder sogar eine Kontraindikation darstellen. Die Unterteilung in absolute und relative Kontraindikationen ist schwierig und muss individuell abgewogen werden. In der Literatur werden folgende Faktoren als absolute Kontraindikationen genannt (8, 9):

- Allgemeine hohe Risikofaktoren (= absolute Kontraindikationen):
 - Schwerwiegende Knochenerkrankungen (z.B. Morbus Paget, Osteogenesis imperfecta)
 - Schwerwiegende Stoffwechselerkrankungen
 - Schwerwiegende hämatologische Erkrankungen
 - Schwerwiegende Herz- und/ oder Kreislauferkrankungen
 - Schwerwiegende immunologische Erkrankungen, z.B. Immunsuppression
 - Schwerwiegende pathologische Schleimhauterkrankungen (z.B. Plattenepithelkarzinom)
 - Alkohol- und/ oder Drogenabusus
 - Psychische Störungen
 - Schwangerschaft (insbesondere in den ersten 3 Monaten)
- Allgemeine Risikofaktoren (= relative Kontraindikationen)
 - Zustand nach Radio- und / oder Chemotherapie
 - (schwerwiegender) Diabetes mellitus
 - Hämorrhagische Diathesen oder Antikoagulation
 - Nikotinabusus
 - Nicht-abgeschlossenes Knochenwachstum
- Temporäre Kontraindikationen
 - Unbehandelte Parodontitis
 - Wurzelreste in vorgesehener Implantationsregion (ggf. Sofortimplantation möglich)
 - Lokale Infekte
- Lokale Risikofaktoren (= relative lokale Kontraindikationen)
 - Erosive oder bullöse Erkrankungen der Schleimhaut am Alveolarfortsatz
 - Bruxismus
 - Parafunktionelle Habits
 - Starker Knochenabbau

In der vorliegenden Dissertationsschrift wird auf folgende Risikofaktoren genauer eingegangen und der Einfluss des Risikofaktors auf den Implantaterfolg in der Literaturdiskussion genauer erklärt.

2.6.1 Nikotinabusus bzw. Rauchen

Dass das Rauchen nicht gesund für den Körper und Auslöser zahlreicher systemischer und lokaler Erkrankungen ist (46), dürfte mittlerweile hinlänglich bekannt sein. Nicht so allgemein bekannt ist der Einfluss des Rauchens auf den Implantaterfolg (46, 47). Dabei haben Studien gezeigt, dass der Konsum von Zigaretten einen Einfluss auf den Implantaterfolg haben kann (11). Der Zusammenhang zwischen Rauchen und Implantatmisserfolg findet sich in der beeinträchtigten Wundheilung von Rauchern. Nikotin, welches Bestandteil von Zigarettenrauch ist, ist eine hoch vasoaktive und zytotoxische Substanz (30). Es führt zu einer Vasokonstriktion und stört durch die geminderte Zirkulation die Wundheilung. Auch nimmt Zigarettenrauch Einfluss auf die Knochensubstanz selbst: Die Knochensubstanz ist durch eine Hypomineralisation gemindert, was zu einer erhöhten Knochenfragilität führt. Die Knochen trabekel sind dünner, was insgesamt zu einer längeren Reformationsrate und einer längeren Mineralisationsrate führt. Dieser Einfluss auf die Knochenmineralisationsdichte ist signifikant zur Dauer und Menge des Zigarettenkonsums (46), ebenso der marginale Knochenverlust (47). Das Rauchen mindestens eines Päckchens pro Tag kann somit als relevanter Risikofaktor für einen Implantatverlust gewertet werden (48). Jedoch muss betont werden, dass es keine einheitliche Definition für „Raucher“ und „Nichtraucher“ gibt, was einen Vergleich zwischen Studien sehr erschwert (47, 48).

In vielen Studien und Meta-Studien lässt sich der Zusammenhang zwischen dem Rauchen und einer höheren Implantatversagensrate (49) bzw. -verlustrate (48, 50) darstellen. In einer Metaanalyse von Mustapha et al. aus dem Jahr 2021 wird ein um 140,2% erhöhtes Risiko eines Implantatversagens genannt (46). In dieser Studie wurde auch der Verdacht früherer Studien bestätigt, dass das Rauchen auf Implantate im Oberkiefer einen höheren Einfluss hätte als im Unterkiefer und dort eher zu einem Implantatversagen führen könnte. Dieser Einfluss scheint sogar Faktoren wie Knochenqualität oder Knochenvolumen zu umfassen (46). Auch der marginale Knochenverlust ist bei Rauchern höher als bei Nichtrauchern (46).

2.6.2 Parodontitis

Laut der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie ist die Parodontitis „... eine der häufigsten chronischen Erkrankungen weltweit“ (51). Sie nimmt aber auch signifikanten Einfluss auf den das Implantatüberleben (50). Die Bakterien, welche das parodontale System befallen, führen auch zu einer Infektion des periimplantären Gewebes, zum Beispiel Knochen, und fördern dadurch das Risiko, an einer Periimplantitis zu erkranken (50). Das Risiko des Implantatverlustes scheint von der Art der Parodontitis abzuhängen. Bei der aggressiven Parodontitis (entsprechend der alten Klassifikation) ist das Risiko eines Implantatverlustes, einer Periimplantitis oder eines Knochenverlustes höher als bei einer chronischen Parodontitis (50, 52), selbst, wenn diese bereits behandelt wurde (52). Generell scheinen Patienten mit einer parodontalen Vorgeschichte stärker von biologischen Komplikationen, Implantatmisserfolg und -verlust betroffen zu sein als Patienten, die zuvor keine Anzeichen einer parodontalen Infektion zeigten (52, 53). Besonders in Verbindung mit dem Rauchen ist der Implantatverlust bei Patienten mit parodontal geschädigtem Gebiss erhöht (50, 52). Es kann aber auch verzeichnet werden, dass eine erfolgreiche Parodontitistherapie mit strengen Präventionsmaßnahmen die zuvor genannten Risiken senken könnte, sofern der Patient compliant ist (50, 53).

2.6.3 Diabetes mellitus

In Studien konnte nachgewiesen werden, dass Diabetes mellitus Typ 2 einen signifikanten Einfluss auf die Versagensrate von Implantaten hat (54).

Beim Diabetes mellitus handelt es sich um eine Störung des Kohlenhydratstoffwechsels. Abhängig davon, ob es sich um einen Typ 1 oder einen Typ 2 Diabetes handelt, ist entweder die Sekretion des Insulins in den β -Zellen des Pankreas gehemmt (Typ 1), was zu einem absoluten Insulinmangel führt, oder die Insulinrezeptoren der Erfolgsorgane sind resistent gegen das ausgeschüttete Insulin (Typ 2) (55).

In Tierstudien zu periimplantären Defekten wurden signifikant niedrigere Bone-Implant-Contact (BIC)-Werte und eine niedrigere Knochendichte gemessen als in der Kontrollgruppe, ebenso war auch die Neubildungsrate des Knochens sowie die Knochenmineralisation bei den diabetischen Tieren signifikant niedriger als in der Vergleichsgruppe (56). Selbst periimplantärer Knochen, an dem kein Defekt induziert wurde, zeigt sich im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Diabetes eine niedrigere Knochendichte, eine geringere Knochenmineralisation und ein geringerer BIC-Wert (56). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen einem frühen Implantatverlust und einem Diabetes mellitus lässt sich jedoch nicht herstellen (11, 57). Besonders großen Einfluss auf die Wundheilung nach Extraktion bzw. nach Implantation hat die Einstellung des Diabetes. Ist der Diabetes gut eingestellt, so lassen sich geringere histologische Nachweise auf eine beeinträchtigte Wundheilung nachweisen als bei gut eingestelltem Diabetes oder Versuchstieren ohne Diabetes mellitus Typ 2, auch klinisch zeigen sich keine höheren Verlustraten (54, 57, 58).

Aufgrund dieser Zusammenhänge zwischen einem Diabetes mellitus und einer gehemmten Wundheilung sollte auf die Wahl der Implantatoberfläche umso mehr Wert gelegt werden, um eine Osseointegration zu fördern (59).

2.6.4 Medikation

Die Medikation eines Patienten kann massiven Einfluss auf den Stoffwechsel haben und außerdem über den allgemeinen Gesundheitszustand eines Patienten Aufschluss geben. Sowohl eine Erkrankung als auch die Medikation der Erkrankung können Einfluss auf das Implantatüberleben nehmen (60). Generell stellen gut eingestellte, systemische Erkrankungen weder eine absolute noch eine generelle Kontraindikation für eine Implantation dar. Lediglich die Einnahme von Bisphosphonaten zeigt eine signifikant höhere Versagensrate, insbesondere in Kombination mit Hormontherapie, Corticosteroiden oder Immunsuppressoren und in besonders hoher Dosierung, wie es bei Knochenmetastasen des malignen Mamma- oder Prostata Tumors notwendig ist (60). In diesem Zusammenhang sei auch auf die Meta-Analyse von Walter et.al. 2016 hingewiesen: „Successful implant therapy is possible in patients receiving antiresorptive therapy. The possibility of osteonecrosis development needs to be explained to the patient. An individual risk assessment is essential, taking the primary disease with the medication and further wound-healing-compromising diseases and medications into account. If possible, bone augmentations should be avoided, and a perioperative antimicrobial prophylaxis is strongly recommended in these patients.“, zu Deutsch: „Auch bei Patienten unter Antiresorptiva-Einnahme ist eine erfolgreiche Implantattherapie möglich. Der Patient muss über das erhöhte Risiko für die Entstehung einer Osteonekrose aufgeklärt werden. Essentiell ist eine individuelle Risikoanalyse, welche die Primärerkrankung samt Medikation und weiterführende wundheilungskompromittierende Erkrankungen sowie Medikamente mit einschließt. Nach Möglichkeit sollten Augmentationen vermieden werden, eine perioperative, antimikrobielle Abschirmung ist den Patienten sehr zu empfehlen.“ (61)

Protonenpumpeninhibitoren (PPI) und selektive Serotonin-Wiederaufnahmehemmer (SSRIs) zeigten in einer Metaanalyse von Chappuis et al. einen signifikanten Einfluss auf den Implantaterfolg, wohingegen die orale Einnahme von Bisphosphonaten zur Behandlung der Osteoporose in dieser Metaanalyse keinen relevanten Faktor für eine erfolgreiche Implantation

darstellte (62). Protonenpumpeninhibitoren scheinen direkt die Absorption von Calciumionen zu inhibieren, was die Osseointegration erschwert. SSIRs scheinen einen wichtigen Anteil der Osteoklasten-Osteoblasten-Balance zu stören. Serotonin beeinflusst die Osteoklastenaktivität und -differenzierung. Dies könnte ein Grund sein, weshalb die Implantatversagensrate unter der Einnahme von SSIRs höher war als in Kontrollgruppen (62).

Die Kontrolle einer Krankheit scheint für eine erfolgreiche Implantation ausschlaggebender zu sein als die Erkrankung selbst (60).

2.6.5 Radiatio

Auch die Radiatio im Kopf-Hals-Bereich kann negativen Einfluss auf die Osseointegration von Implantaten nehmen (11, 21, 49). Der Knochen zeigt in histologischen Untersuchungen signifikante Unterschiede zum gesunden Knochen, wie eine verminderte Zahl aktiver Osteozyten und eine Hypovaskularisierung. Es ist davon auszugehen, dass der auf diese Weise kompromittierte Knochen ebenfalls eine verminderte Fähigkeit zur Osseointegration dentaler Implantate besitzt (11, 63). Die Überdrucktherapie mit Sauerstoff prä- und postoperativ könnte das Implantatüberleben verbessern (21), Meta-Studien können jedoch noch keinen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben feststellen (60, 64). Studien zeigen, dass eine Implantation in bestrahltem und augmentiertem Knochen zu signifikant schlechteren Implantatüberlebensraten führt (65, 66). Auch hier gilt, dass Modifikationen der Implantatoberfläche, die zu einer schnelleren oder besseren Osseointegration führen, das Implantatüberleben im bestrahlten Knochen signifikant verbessern können (64, 67). Weiterhin scheint die Dauer der Bestrahlung einen Einfluss auf das Implantatüberleben zu haben (63, 64, 66), sowie die Differenzierung zwischen Ober- und Unterkiefer, wobei Implantationen im Oberkiefer weniger erfolgreich zu sein scheinen (21, 64, 66).

2.6.6 Chemotherapie

Die Chemotherapie, die unter anderem zur Behandlung maligner Tumore eingesetzt wird, hat massiven Einfluss auf den Knochenstoffwechsel (67). Dies könnte auch die Osseointegration dentaler Implantate beeinträchtigen, die Effekte scheinen aber temporärer Natur zu sein (67). Ein klarer Zusammenhang zwischen Chemotherapie und erhöhtem Implantatverlust lässt sich in vorangegangenen Studien jedoch nicht herstellen (11). Auch die weitere Literaturrecherche bringt hier keine weiteren Erkenntnisse. Ein Zusammenhang zwischen der Überlebensrate dentaler Implantate und Chemotherapie lässt sich auch nach weiterer Literatursuche nicht herstellen.

2.7 Augmentationsmethoden

Nicht nur die Materialien der Augmentation unterscheiden sich in ihren Eigenschaften. Auch ein Einfluss der Methodik der Augmentation auf den Implantaterfolg wäre denkbar.

2.7.1 Guided Bone Regeneration

Die Guided Bone Regeneration (GBR) ist eine Methode der Knochenaugmentation, bei der mithilfe einer Membran (oder des Periosts) das schnellwachsende Weichgewebe vom langsam wachsenden Knochenhartgewebe abgehalten wird, um eine ungestörte knöcherne Regeneration zu gewährleisten (8, 68, 69). 1994 führten Schenk et al. eine experimentelle Studie zur Knochenheilung mit oder ohne Membranen durch. Es zeigten sich signifikant bessere Heilungsergebnisse, wenn eine Membran verwendet wurde (68, 70). Heute werden die Membranen meist in Kombination mit autologen Knochenspänen und/oder Knochenersatzmaterialien verwendet, die den Raum unter der Membran stabilisieren und durch osteokonduktive bzw. -induktive Eigenschaften die Knochenneubildung erleichtern, während das Knochenersatzmaterial das Volumen aufrecht hält (68). Heute ist die GBR eine der wichtigsten augmentativen Techniken für lokalisierte Knochenaufbauten und sowohl für Sofortimplantationen als auch bei Spätimplantationen eine wichtige Augmentationstechnik (71). Wichtig ist, die Defektanatomie zu beachten. Je mehr Wände ein Defekt hat, desto besser die von den Wänden ausgehende Regeneration (68). In einer Metaanalyse von 2021 lassen sich keine signifikanten Unterschiede im Implantatüberleben im Vergleich zu einem autologen Knochenblocktransplantat feststellen, wobei die GBR den Vorteil hat, dass kein Knochenblock entnommen werden muss und so eine weitere Wunde entsteht (69).

2.7.2 Interner Sinuslift

Beim internen Sinuslift, oder auch „Sinusbodenelevation“ genannt, wird bei unzureichender Knochenhöhe zwischen Alveolarkamm und Kieferhöhlenboden mit einem Knochenaufbau das Knochenvolumen erhöht, um ein Implantat mit ausreichender Primärstabilität inserieren zu können (8). Beim internen Sinuslift erfolgt der operative Zugang prekrestal mit im Durchmesser zunehmenden Osteotomen (8). Die Osteotome werden ohne Perforation des Kieferhöhlenbodens nach kranial geklopft, wobei der ortsständige Knochen und die darüber lagernden Weichgewebe nach kranial geschoben werden. Der entstehende Hohlraum im Sinus wird gleich über das Klopfen mit Knochen und mit über den Bohrkanal eingebrachtem Knochenersatzmaterial aufgefüllt. Ein Implantat stabilisiert das Knochenersatzmaterial und verschließt den Bohrkanal. Für dieses Verfahren ist eine Restknochenhöhe von ca. 6mm erforderlich, um eine ausreichende Primärstabilität des Implantats zu gewährleisten (8, 9).

2.7.3 Externer Sinuslift

Auch beim externen Sinuslift wird der Sinusboden nach kranial verschoben, allerdings erfolgt der operative Zugang über ein Fenster in der lateralen Kieferhöhlenwand. Eine Perforation der Kieferhöhlenschleimhaut ist dabei unter allen Umständen zu vermeiden und kleine Rupturen oder Perforationen sind mit Membranen und ggf. Fibrinkleber zu versorgen. Die Schneider'sche Membran wird unter vorsichtiger Präparation vom Sinusboden gelöst und der dabei entstehende Hohlraum anschließend mit autologem Knochen oder Knochenersatzmaterial gefüllt. Zu beachten ist, dass ein Aufbau nicht über das Niveau des Ostium naturale hinaus erfolgen darf, um die Belüftung der Kiefer- und Nasenhöhlen sicherzustellen. Ist eine ausreichende Primärstabilität des Implantats trotz geringer Restknochenstärke zu erwarten, kann die Implantation simultan erfolgen (8, 9).

Der Sinuslift ist eine bewährte Methode zum Aufbau vertikaler Knochenhöhe (72, 73), mit einer 7-Jahres-Überlebensrate der inserierten Implantate von bis zu 95,5% (74). Bei beiden Formen

der Sinusbodenelevation kann kein signifikanter Unterschied im Implantatüberleben festgestellt werden (75, 76). Selbst eine Perforation der Schneider'schen Membran, die eine intraoperative Komplikation darstellt und in einer Studie mit einer Häufigkeit von bis zu 44% beschrieben wurde, scheint nach Daten dieser Studie nicht mit einem erhöhten Implantatversagen assoziiert zu sein (74).

2.8 Das Straumann® BLX-Implantatsystem

Straumann® wirbt bei diesem Implantatsystem damit, dass es sich besonders für Sofortversorgungskonzepte eignen würde, eine hohe Primärstabilität in allen Knochenklassen habe und besonders leicht zu versorgen sei. Natürlich sei es aber auch für konventionelle Protokolle geeignet. In den folgenden Abschnitten sollen diese Parameter besonders beleuchtet werden.

2.8.1 Implantat-Aufbau

Bei diesem Implantatsystem handelt es sich um ein sogenanntes „Bone Level“-Implantat, welches mit der Implantatschulter vollständig im Knochen inseriert wird. Im Gegensatz dazu stehen die sogenannten „Tissue Level“-Implantate (z.B. das Straumann® TLX-Implantatsystem), deren Implantatschulter lediglich bis auf Gingivaniveau versenkt wird. Dies soll ein möglichst natürliches Emergenzprofil der Suprakonstruktion des Implantats aus dem Weichgewebe und damit erstklassige, ästhetische Ergebnisse ermöglichen. Besonders das schmale Emergenzprofil des BLX-Implantatsystems, das für alle Implantatdurchmesser gleich ist und mit lediglich zwei Weiten von Prothetikkomponenten auskommt (Regular Base = RB, 3,5mm Durchmesser und Wide Base = WB, 4,5mm Durchmesser ab 5mm Halsdurchmesser des Implantats) bietet viel Raum für die weichgewebliche Ausgestaltung des Emergenzprofils, auch extrabreite Emergenzprofile sind durch die WB-Prothetikteile möglich. Hierbei sollte betont werden, dass die Prothetikkomponenten trotz Unterkonturierung durch die TorcFit-Verbindung eine hohe Stabilität erfahren. Einheitschrauben, Abformpfosten, Gingivaformer, provisorische und endgültige Abutments haben über die gesamte Behandlung hinweg das gleiche Emergenzprofil in einer der beiden zur Verfügung stehenden Breiten, sodass über gesamte Behandlungsdauer die Weichgewebekonditionierung gewahrt wird.

2.8.2 Prothetik-Verbindung

Straumann® wirbt bei diesem Implantatsystem mit einer sehr präzisen Implantat-Sekundärteil-Passung. Dabei ist der Innendurchmesser der TorcFit-Verbindung über alle Implantatbreiten hinweg konstant, ebenso der Plattform- und der Verbindungsdurchmesser (2,9mm und 2,7mm), was nur ein einziges Eindrehwerkzeug für die Sekundärteile über alle Implantatdurchmesser hinweg notwendig macht. Die Bezeichnung „TorcFit“ beschreibt eine Verbindung des Implantats mit dem Sekundärteil durch einen Innensechsrund, auch „Torx“ genannt, welcher eine selbstausrichtende Insertion aufgrund zylindrischer Führung mit Rotationsstabilität und eindeutigen, taktilen Feedback ermöglicht, wobei das Sekundärteil innerhalb der sechs Möglichkeiten flexibel ausgerichtet werden kann. Durch den Innentorx können hohe Drehmomente flächig und direkt übertragen werden, die 22,5° abgeschrägte Fase der Prothetikverbindung ermöglicht eine hohe mechanische Stabilität und eine hochpräzise Implantat-Sekundärteil-Passung. Auch ermöglicht die flache Fase einen hohen Divergenzausgleich für direkt auf Implantatniveau positionierten Brücken. Der Morsekonus der Prothetikverbindung bewirkt mit seinen 7° eine hohe mechanische Stabilität, eine gute Belastungsverteilung, einen Halt über die volle Länge der Innenverbindung für eine hohe Stabilität aller Sekundärteile über alle Implantatdurchmesser hinweg und eine kraftschlüssige, konische Abdichtung durch Friktionsspassung auch bei durchmesserreduzierten Implantaten, was ein geringes Risiko für eine bakterielle Infiltration der Verbindung über die gesamte Behandlungsdauer zur Folge hat. Die

abgeflachte, koronale Kontaktfläche ermöglicht eine hochpräzise Platzierung der Abformkomponenten.

Die geringe Höhe der Innenverbindung von 5mm ermöglicht eine Versorgung mit längenreduzierten Implantaten von 6mm.

2.8.3 Gewinde

Das BLX-Implantat verfügt über ein selbstschneidendes Gewinde, das in weichem Knochen eine unterdimensionierte Präparation notwendig macht, um eine ausreichende Primärstabilität zu gewährleisten. Durch die bidirektionalen Schneideelemente soll eine verbesserte Kontrolle über das Implantatdrehmoment erfolgen, ebenso ermöglicht es ein kontrolliertes Rückwärts- und Vorwärtsschneiden im Knochen. Das Gewindedesign ist schmal und progressiv. Zwar ist das Implantat im Gesamtdurchmesser (maximaler Außendurchmesser) bis nach apikal nahezu gleich breit, jedoch ist der Korpusdurchmesser apikal im Vergleich zum coronalen Anteil wesentlich kleiner als der apikale Gesamtdurchmesser im Verhältnis zum Gesamtdurchmesser mit Gewinde im Bereich der Implantatschulter. Der Korpus des Implantats ist also konischer als das Gewinde. Dadurch ist das Implantatgewinde apikal tief, sodass das Implantat selbst in Extraktionsalveolen durch seine große Verankerungsfläche sofort Halt und Stabilität findet, was es besonders für einen Einsatz in der Sofortimplantation, ggf. mit Sofortbelastung (mindestens (mind.) 35Ncm Insertionsdrehmoment), prädestiniert. Die Gewindesteigung und der Gewindeabstand sind dabei abhängig von der Länge und Breite des Implantats. Als Gewindesteigung wird die Distanz bezeichnet, die das Implantat bei einer vollen Umdrehung (360°) in den Knochen zwischen Anfangs- und Endpunkt der Insertion zurücklegt. Das Gewinde des Implantats ist über die Länge gewunden unterbrochen. Das entspricht dem CCC-Design (cut-collect-condense) des „Dynamic Bone Managements“ von Straumann®: Knochenspäne, die beim Eindrehen des Implantats entstehen, werden gesammelt und über die Länge des Implantatkörpers verteilt, was die native Knochensubstanz verdichtet und einen maximalen Knochen-Implantat-Kontakt herstellt.

Der Implantathals ist reduziert, was Spannungsspitzen im krestalen Knochen verhindert und die leicht subkrestale Implantation (0,5-1mm) erleichtert. Die Höhe und das Mikrogewinde am Implantathals sind abhängig von der Implantatlänge. Durch das progressive Gewinde sind bereits Implantatbreiten von 3,75mm für alle Indikationen, auch im Seitenzahnbereich, geeignet und ermöglichen so ein möglichst gering invasives Vorgehen, da hierdurch und auch durch die kurzen Implantatlängen aufwendige Augmentationen und invasivere Eingriffe mit gleicher Überlebens- und Erfolgsrate vermieden werden können. Auch stehen hierdurch mehr Behandlungsoptionen in anatomisch schwierigen Situationen und engen Interdentalräumen zur Verfügung. Lediglich 3,5mm breite BLX-Implantate sind nicht im Seitenzahnbereich indiziert.

2.8.4 Implantat-Insertion

Die Implantatinsertion erfolgt mit dem VeloDrill™ System der Firma Straumann®. Dies ist ein System mit hoher Bohrstabilität und vereinfachtem Bohrprotokoll von der Pilotbohrung bis zur finalen Bohrung bei 800 Umdrehungen pro Minute (UpM). Alle Werkzeuge sind sowohl frei Hand als auch in der guided surgery verwendbar, da sie kompatibel mit den selbstverriegelnden Bohrlöffeln und T-Hülsen für geführte chirurgische Verfahren sind, die es auch ermöglichen, einhändig zu arbeiten. Als größter Vorteil des Systems wird durch die Firma Straumann® jedoch die geringe Hitzeentwicklung beim Bohren herausgestellt. Das Design der Bohrer soll die Wärmeentwicklung reduzieren, um eine Überhitzung der umgebenden Strukturen und damit das Risiko für die Entstehung von Hitzenekrosen zu vermeiden. Die Bohrer sollen durch ihre Schneidegeometrie und ihre Oberflächentechnologie die Reibung beim Bohren verringern und die Entfernung der Bohrspäne aus dem Bohrsitus erleichtern. Die Hitzeentwicklung beim

Bohren wird in Studien als bedeutender Einflussfaktor auf die Knochenheilung beschrieben (77-80).

Das Bohrprotokoll erfolgt entsprechend der Knochenklasse. Die Definition der Knochenklasse folgt dabei der Klassifizierung nach Lekholm und Zarb. Jeder Implantatdurchmesser ist im Set farbcodiert. Im Bohrerst set enthalten sind Bohrererlängerungen und Einmal-Stoppringe für eine millimetergenaue Präparation. Die 2mm-Markierungen auf allen Werkzeugen wie Bohrern und Tiefenlehren entsprechen den Implantatlängen, die Spitze der Bohrer jedoch ist 0,5mm lang, sodass sich eine tatsächliche Präparationstiefe aus der auf dem Bohrer angegeben Tiefe +0,5mm ergibt. Ausrichtungsstifte und Tiefenlehren ermöglichen sowohl die Untersuchung des Präparationsbettes als auch die Längenbestimmung bei intraoperativen Röntgenbildern. Die apikale Nut und die Spitze haben eine Länge von 1mm, sodass bei intraoperativen Röntgenbildern der Verzerrungsfaktor ermittelt werden kann. Ausrichtungsstifte ermöglichen ebenfalls die Bestimmung einer gemeinsamen Einschubrichtung bei großen geplanten Arbeiten ohne gewinkelte Abutments und bei ausreichendem Platzangebot.

Auch die Implantateindrehwerkzeuge sind in unterschiedlichen Längen vorhanden und ermöglichen so ein großes Behandlungsspektrum. Die Insertion des Implantats ist auch manuell oder mit dem chirurgischen Handstück möglich. Jedoch sollte eine Überdrehung und damit ein zu starkes Drehmoment vermieden werden, um Knochennekrosen und damit ein kompromittiertes Knochenlager des Implantats zu vermeiden.

2.8.5 Roxolid®

Straumann® verwendet für sein BLX-System Roxolid®, ein eigens entwickeltes Material aus 85% Titan und 15% Zirkonium. In Studien wurden für Roxolid®-Implantate bessere 10-Jahres-Überlebensraten dokumentiert als für reine Titanimplantate (81). Dies mag mit der in Studien gezeigten besseren Osseointegration des Materials in den ortsständigen Knochen zu tun haben (82). Die gemessenen Ausdrehmomente in vivo im Tiermodell für Titan- und Roxolid-Implantate unterschieden sich signifikant, wobei bei den Roxolid-Implantaten jeweils höhere Ausdrehmomente messbar waren als bei den reinen Titan-Implantaten (82, 83).

Auch die Dauerfestigkeit der Roxolid®-Implantate ist höher als die reiner Titan-Implantate, Ermüdungserscheinungen des Materials zeigen sich später (84).

Im Vergleich zwischen 4,1mm starken, reinen Titanimplantaten zeigen 3,3mm starke TiZr-Implantate in einem Beobachtungszeitraum von 3 Jahren keine signifikanten Unterschiede im Implantatüberleben und -erfolg, auch das Knochenniveau bleibt bei der Mehrzahl von Patienten relativ konstant und die Gruppen zeigen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den marginalen Knochenverlust (85). Ähnliche Erkenntnisse konnten auch Al-Nawas et al. in einer prospektiven, nicht-interventionellen Studie zur Beurteilung des Überlebens und des Erfolges durchmesserreduzierter Implantate aus Titan-Zirkonium-Legierungen feststellen (86). Hier zeigt sich auch, dass die Überlebensrate der durchmesserreduzierten Implantate nach zwei Jahren im Molarenbereich kaum kleiner ist als im Frontzahnbereich (96,1% vs. 96,7%) und damit auch enormen okklusalen Kaukräften standhalten kann (86). Auch andere Autoren berichten von guten Überlebens- und Erfolgsraten durchmesserreduzierter TiZr-Implantate (87).

Durch die hohe Stabilität auch bei durchmesserreduzierten Implantaten wird die Notwendigkeit invasiver Knochenaugmentationen vermieden. Zudem werden vitale Strukturen wie Knochen und Gefäße geschont und das Implantat ist auch für kompromittierte Platzverhältnisse geeignet, da der umliegende Knochen erhalten und Abstände zu vestibulären und oralen Knochengrenzen gewahrt bleiben, ebenso der Abstand zu Nachbarzähnen und -implantaten. Gleiches gilt auch für kurze Implantate: Straumann wirbt mit einem 4mm kurzen, zweiteiligen Roxolid®-Implantat, welches die implantologische Versorgung ohne vertikale Knochenaugmentation ermöglicht (88).

Roxolid® zeigt in Studien eine bessere Biokompatibilität, da es, jedenfalls in vitro, eine frühe antiinflammatorische Zellreaktion stimuliert (89).

2.8.6 SLActive®

Implantatoberflächen sind heutzutage in der Regel rau, um die Anhaftungsfläche des Knochens an das Implantat zu erhöhen (13). Um diese raue Oberfläche zu erzeugen, stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Additive Verfahren: Bei diesen Verfahren wird z.B. Hydroxylapatit oder eine Titanplasmabeschichtung aufgetragen. Der Nachteil an diesen Verfahren ist, dass sich die Beschichtung lösen kann (8, 9, 90).
2. Subtraktive Verfahren: Umgekehrt kann die Rauigkeit der Oberfläche auch durch subtraktive Verfahren, also den Substanzabtrag, erzeugt werden. Dazu gehören Sandstrahlung, Ätzung oder bestimmte Laserverfahren. Auch Kombinationen dieser Verfahren sind möglich. So kann durch Sandstrahlen der Oberfläche eine Makro- und durch Säureätzung eine Mikrorauigkeit erzeugt werden, die in Studien zu verkürzten Einheilzeiten von 6-8 Wochen führt (90). Auf so vorbehandelten Implantaten lassen sich höhere Aktivitätsraten der alkalischen Phosphatase (Indikatorenzym der differenzierten Osteoblasten) nachweisen als auf Hydroxylapatit-beschichteten Implantatoberflächen (9). Auch die sogenannte „Thermoätzung“ führt in Studien zu verkürzten Einheilzeiten von 8 Wochen (9). Die anodische Oxidation bewirkt eine Anlagerung einer unterschiedlich dicken Titanoxidschicht am Implantat und führt zu vergleichbaren Osseointegrationsergebnissen wie bei Hydroxylapatit-beschichteten Implantaten (8).

Zudem können Implantatoberflächen mit Wachstumsfaktoren, extrazellulären Matrixproteinen, Peptiden, Messenger-Molekülen, Medikamenten und Bisphosphonaten beschichtet werden, um bessere Osseointegrationsraten zu erzeugen.

Die SLActive®-Oberfläche ist die neueste Entwicklung von Straumann® und eine Weiterentwicklung der SLA®-Oberfläche. Diese wird durch Sandstrahlung und anschließende Säureätzung erzeugt, wobei die Sandstrahlung eine Makro- und die Säureätzung eine Mikrorauigkeit zur Folge hat. Zusätzlich dazu finden sich auf der SLActive®-Oberfläche Nanostrukturen, wodurch sich die Oberfläche im Vergleich zu der des Vorgängers, der SLA®-Oberfläche, um mehr als 50% und damit auch die Knochen-Implantat-Kontaktfläche (BIC-Wert) vergrößert.

Die durch den Herstellungsprozess induzierte Rauigkeit, also die durch das Sandstrahlen und die Säureätzung entstandene raue Oberfläche, erzeugt natürlicherweise hydrophobe Eigenschaften, die jedoch eine geringere Osseointegration zur Folge haben. Um dies zu vermeiden, werden die Implantate in wässriger Salzlösung gelagert, was eine chemisch induzierte Hydrophilie hervorruft. Die dadurch induzierte Hydrophilie bleibt im Anschluss selbst nach der Trocknung des Implantats bestehen (91, 92).

Durch die Nanostruktur der SLActive®-Oberfläche sowie deren Hydrophilie sind bereits nach kurzen Einheilzeiten von 4 Wochen signifikant höhere Osseointegrationsraten erkennbar als bei reinen SLA®-Oberflächen (93-95), ebenso fördert die modifizierte Oberfläche die Heilung bei Dehizensdefekten (96). Dies hängt mit den immunologischen Eigenschaften der Implantatoberfläche zusammen. Eine Studie von Rausch-Fan et al. zeigt, dass an modifizierten SLA®-Oberflächen eine signifikant höhere Konzentration von VEGF, einem Angiogenese-induzierenden Molekül, messbar ist. Ebenso werden an diesen Oberflächen die geringsten Proliferationsraten, die höchsten Expressionsraten von Differenzierungsmarkern und die höchsten Expressionsraten von Wachstumsfaktoren gemessen (97). Auch eine Studie von Hotchkiss et al. (2016) zeigt einen Einfluss der modifizierten SLA-Oberfläche auf das Immunsystem, so zeigten TiZr-Implantate mit modifizierter SLA-Oberfläche (hydrophil und mit Nanostrukturen) im Vergleich zu Vergleichsimplantaten die höchsten Konzentrationen antiinflammatorischer Cytokine und eine geringere Expression proinflammatorischer Faktoren durch die angesiedelten Makrophagen (89, 98). Die hydrophile, nanostrukturierte Implantat-

oberfläche der SLActive®-Implantate zeigt zudem im Vergleich zu anderen Implantatoberflächen die höchsten Protein-Adsorptionsraten und eine gesteigerte Blutkoagulation um das Implantat, indem es die Fibrinnetzbildung und die Mineralisierung der frühen Knochenzellen mit Calciumionen unterstützt, was die schnellen Osseointegrationsraten dieser Implantate erklärt (99).

SLActive®-Implantate sind auch für die Sofort- oder Frühbelastung geeignet und zeigen in Studien gute Langzeitergebnisse (100). Auch bei kompromittierten Knochenverhältnissen, zum Beispiel nach Radiatio oder bei Diabetes Mellitus Typ 2, stellen sich gute Ergebnisse ein (57, 59, 63, 67, 101, 102).

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Im Rahmen dieser bizenrischen, retrospektiven, vorliegenden Arbeit wurden Patienten gesucht, denen im Zeitraum von 2018 bis 2021 das BLX-Implantatsystem von Straumann inseriert wurde. Die zentrale Frage der Studie war das Langzeitüberleben, der Langzeiterfolg sowie der radiologisch sichtbare Knochenabbau mesial und distal der inserierten Implantate in der Verlaufskontroll-Aufnahme. Dazu wurden unterschiedliche Patientenparameter erfasst und deren Einfluss auf die Implantat-Daten statistisch untersucht. Es handelt sich hierbei um eine klinische Studie ohne Patientenkontakt, die daher keiner Zustimmung der Ethikkommission bedarf. Die Daten wurden anonymisiert und mit dem Statistik-Programm SPSS in der Version 27.0.1 der Firma IBM statistisch ausgewertet. Es handelt sich hierbei um eine rein deskriptive, retrospektive Studie, ohne dass zu Beginn eine feste Untersuchungshypothese feststand.

3.2 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv schließt Patienten der Universitätsmedizin Mainz sowie Patienten einer Zahnarztpraxis in Bad Soden mit ein, denen im Zeitraum von der Marktzulassung des Systems 2018-2021 das Straumann® BLX-Implantatsystem im Rahmen einer geplanten kaufunktionellen Rehabilitation inseriert wurde. Allen Patienten wurden zuvor nicht erhaltungswürdige Zähne extrahiert, oder es handelte sich um komplexe, chirurgische Fälle. Die Indikation zur Insertion eines enossalen Implantates zur Aufnahme einer Suprakonstruktion wurde individuell gestellt und schloss Einzelzahnersatz und aufwendigere Konstruktionen wie kombiniert herausnehmbar-festsitzend, kombiniert dental-implantatgetragenen Zahnersatz sowie große, festsitzende Versorgungen mit ein. Die prothetische Versorgung des Implantates erfolgte sowohl durch die Klinik und Poliklinik für Prothetik an der Zahn-, Mund- und Kieferklinik der Universitätsmedizin Mainz als auch durch den behandelnden Hauszahnarzt. Bei Patienten der Zahnarztpraxis erfolgte die prothetische Versorgung durch den dortigen Behandler.

3.2.1 Erfassung des Patientenkollektivs

Zur Erfassung der an der Universitätsmedizin Mainz behandelten Patienten wurden die Pläne zur Durchführung ambulanter sowie stationärer Operationen ab dem 12.09.2018 bis zum 20.08.2020 auf geplante Implantationen mit dem Straumann BLX-System hin durchsucht. Die Daten der Patienten, bei denen ein oder mehrere BLX- Implantate gesetzt wurden, ergaben sich bei der Suche in den unter 3.3 „Datenerhebung“ näher beschriebenen Programmen. Namen der Patienten, bei denen ein BLX-Implantat gesetzt wurde, wurden in den Programmen „SAP“, „VISIdent“ und „ImpDAT“ aufgerufen und die im folgenden aufgelisteten Daten erfasst. Zur Untersuchung des marginalen Knochenabbaus wurden die Röntgenbilder im Programm „Sidexis“ erfasst und untersucht. Aus dem Untersuchungszeitraum ergibt sich eine Stichprobengröße von 187 Patienten mit einer Gesamtmenge von 412 Implantaten.

Patienten, die Bad Soden behandelt wurden, wurden durch den Operateur selbst (in den folgenden Untersuchungen als „Operateur 4“ bezeichnet) zu Analysezwecken in einer Liste festgehalten. Zur Erfassung der Patientendaten sowie der der Dokumentation des Behandlungsablaufs zu entnehmenden Implantatdaten wurde das Patientenorganisationssystem der Praxis „Charly“ auf die Patientennamen hin durchsucht und Implantationsdaten aus der Beschreibung des Behandlungsablaufs entnommen.

3.3 Datenerhebung

Die Ermittlung der Implantationsdaten sowie der Anamnese der Patienten und des klinischen Verlaufs nach Implantation erfolgte aus den Kliniksoftwares „IS-H“ (SAP), einem Krankenhausinformationssystem, dem Patientenmanagementsystem „VISIdent“ (BDV). Zur Untersuchung des marginalen Knochenabbaus wurden die Patientenbilder in der Bildgebungssoftware „Sidexis“ (Dentsply Sirona) aufgerufen und untersucht. Die Daten dieser Programme wurden mithilfe des Tabellenkalkulationssystems „Excel“ (Microsoft 365) vorsortiert und anschließend mit der Statistik- und Analysesoftware „SPSS“ (IBM), Version 27.0.1 analysiert. Die den Programmen „IS-H“ und „Visident“ entnommenen Implantatdaten wurden zudem mit den Daten in „ImpDAT“ der Kea Software GmbH abgeglichen.

Die Datenerhebung der in der Zahnarztpraxis behandelten Patienten erfolgte aus einer Analyse des Behandlungsablaufes im Praxis- und Patientenorganisationssystem „Charly“ sowie der Bildgebungssoftware „Romexis®“.

3.4 Datenverarbeitung und statistische Auswertung

Die Patientendaten wurden in einer vorgefertigten Excel-Tabelle (Microsoft 365) gesammelt. Anschließend erfolgte die Datenkontrolle auf Vollständigkeit und Plausibilität und die Pseudonymisierung der Daten. Die weitere Datenanalyse erfolgte mit den Programmen „IBM SPSS Statistics 27.0“ und „IBM SPSS Statistics 29.0.2.0“.

3.5 Analyse des Knochenverlusts

Eine etablierte, non-invasive Methode zur Analyse des marginalen Knochenverlustes stellt die Röntgendiagnostik dar. Die Ermittlung der marginalen Knochenhöhe stellt in der Literatur eine bewährte Methode zur Beurteilung der Implantatstabilität im Knochen dar und gibt Aufschluss über die knöcherne Verankerung des Implantats (14, 15, 18, 22-24).

Zur röntgenologischen Analyse des marginalen Knochens stehen verschiedene Methoden der Röntgendiagnostik zur Verfügung. Zu den zweidimensionalen Aufnahmetechniken gehören vor allem die intraorale Tubusaufnahme (ITA) und die Panoramaschichtaufnahme (PSA). Auch dreidimensionale Aufnahmetechniken haben ihre Daseinsberechtigung in der Zahnmedizin, hierbei ist vor allem die digitale Volumetomographie (DVT) zu erwähnen. Besonders im Zusammenhang mit malignen Erkrankungen im Kopf- und Kieferbereich und zur weiterführenden Diagnostik werden auch computertomographische (CT) und magnetresonanztomographische (MRT) Aufnahmen angefertigt. Zur Diagnostik des marginalen Knochens eignet sich jedoch, sofern vorhanden, das CT in der Knochenfensterung besser als das MRT.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass sich zweidimensionale Aufnahmetechniken zur Diagnostik des marginalen Knochens besser eignen als dreidimensionale Aufnahmetechniken. Dies ist vor allem der besseren Auflösung geschuldet. Die sogenannte Ortsauflösung bei ITA, gemessen in Linienpaaren/mm, beträgt bei intraoralen Tubusaufnahmen mehr als 10 Lp/mm, sodass auch kleine Details gut dargestellt werden können (103). Wichtig ist hierbei, die Aufnahmegeometrie zu beachten. Dies stellt auch einen großen Störfaktor in der Analyse dar. Dies soll im Diskussions-Bereich weiter erläutert werden. Bei der PSA dagegen beträgt die laut Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (BRD) (2009) vorgeschriebene Ortsauflösung lediglich $\geq 2,5$ LP/mm, womit die Ortsauflösung der PSA deutlich geringer ist als die Ortsauflösung der ITA (103). Die ITA ist in Bezug auf die Detailgetreue der PSA damit eindeutig überlegen. Die Ortsauflösung des DVT liegt zwischen 1-2,5 LP/mm, was bedeutet, dass „... die kleinsten Details etwa zwischen 0,25 und 0,5mm groß sein müssen, wenn sie in der DVT noch darstellbar sein sollen“ (103).

Zur Bestimmung des marginalen Knochenverlustes wurden die zur Verfügung stehenden Röntgenaufnahmen der ermittelten Patienten der Universitätsmedizin Mainz mit der Bild-

gebungssoftware „Sidexis“ geöffnet und die marginale Knochenhöhe in Relation zur aus den anderen Softwares ermittelten Daten zur Implantatlänge ermittelt. Die Knochenhöhe mesial und distal des Implantats wurde notiert. Hierbei wurde ausgehend von der Implantatschulter die Distanz zum marginalen Knochenaum ermittelt. Bei sich in der Projektion anguliert dargestellten Implantaten wurde die Distanz von der Implantatschulter zum marginalen Knochen in Implantatlängsachse ermittelt. Genutzt wurde das postoperative Kontrollbild unabhängig von der Aufnahmetechnik. Es handelte sich hierbei meist um PSA sowie ITA der Implantate.

Auch bei Patienten der Zahnarztpraxis in Bad Soden wurde das zur Verfügung stehende postoperative Kontrollbild zur Ermittlung der initialen, postoperativen Knochenhöhe zu Rate gezogen. Das Verfahren zur Ermittlung der Höhe des marginalen Knochenaums entsprach jenem, was bei den Bildern der Patienten der Universitätsmedizin genutzt wurde. Es handelte sich bei den postoperativen Kontrollbildern vornehmlich um ITA der Implantate.

Sofern eine Aufnahme nach erfolgtem Einsetzen der Suprakonstruktion des Implantats zur Verfügung stand und die Kontrollaufnahme im Abstand von ca. 1 Jahr nach erfolgter prothetischer Versorgung stattfand, wurde das post-prothetische Bild als Referenzbild verwendet. Stand lediglich ein postoperatives Bild zur Verfügung, welches als Referenzbild genutzt werden konnte, weil ein Bild nach Eingliederung der Suprakonstruktion nicht zur Verfügung stand oder keinen ausreichenden, zeitlichen Abstand zum Kontrollbild ein Jahr später aufgewiesen hätte, wurde das postoperative Bild als Referenz genutzt.

Zur Ermittlung des marginalen Knochenverlustes wurden die Referenzaufnahmen mit Aufnahmen nach einem zeitlichen Abstand von ca. 1 Jahr verglichen. Auch hier wurde der Abstand der Implantatschulter zum marginalen Knochen gemessen. Als Referenzlänge zur Ermittlung der Länge in der Bildgebungssoftware wurde immer das jeweilige Implantat, dessen Länge durch die Operationsdaten bekannt ist, definiert.

Die Werte wurden tabellarisch aufgelistet und die mesiale, sowie distale Differenz für jedes einzelne Implantat ermittelt. Negative Werte dürfen als Knochenverlust, positive Werte als Knochenzugewinn verstanden werden.

3.6 Klinische Untersuchung

Die Datenerhebung erfolgte über einen Zeitraum von 40 Monaten im Rahmen von Recalluntersuchungen. Bei vielen Patienten erfolgte die prothetische Versorgung an der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde der Universitätsmedizin Mainz. Die klinische Nachuntersuchung der Patientenfälle erfolgte damit in den zwei Abteilungen „Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie“ und der „Poliklinik für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde“ an der Zahn-, Mund- und Kieferklinik der Universitätsmedizin Mainz und konnte dem Patientenorganisationssystem „VISIdent“, als auch in komplexeren, chirurgischen Fällen dem Krankenhausorganisationssystem „IS-H“ entnommen werden.

4 Ergebnisse

Das Gesamtkollektiv der untersuchten Personen bestand aus 187 Patienten, bei denen insgesamt 412 BLX-Implantate der Firma Straumann inseriert wurden.

4.1 Patientenparameter

Im Folgenden sollen die Patientenparameter analysiert werden.

4.1.1 Geschlecht und Alter

Im gesamten Patientenkollektiv befanden sich 98 weibliche und 89 männliche Patienten, was zu einem Gesamtkollektiv von 187 Patienten führt. Im Gesamtkollektiv lag der Mittelwert in der Altersverteilung bei 57,51 Jahren mit einer Standardabweichung von 15,61 Jahren. Das Minimum in der Gesamtpopulation liegt bei 17 Jahren, das Maximum bei 85 Jahren.

Bei der getrennten Analyse der Geschlechter in Bezug auf die Altersverteilung bei den Frauen lag der Mittelwert bei 59 Jahren mit einer Standardabweichung von 15 Jahren. Das Minimum lag bei 17 Jahren, das Maximum bei 85 Jahren.

Bei den Männern lag der Mittelwert etwas unter dem der Frauen, nämlich bei 56 Jahren, die Standardabweichung bei 16 Jahren. Das Maximum in der Altersverteilung der Männer lag bei 84 Jahren, das Minimum bei 20 Jahren. Die Grafik zur Altersverteilung in der Gesamtpopulation zeigt deutlich, dass der Großteil der Patientenpopulation der Altersgruppe zwischen etwa 42 und 73 Jahren liegt.

In der Log-Rank-Analyse zeigen die beiden geschlechtergruppen keine signifikanten Unterschiede. Der p-Wert liegt mit einem Wert von 0,62 weit über dem gewählten Signifikanzniveau.

Die genauen statistischen Tabellen sind dem Anhang zu entnehmen.

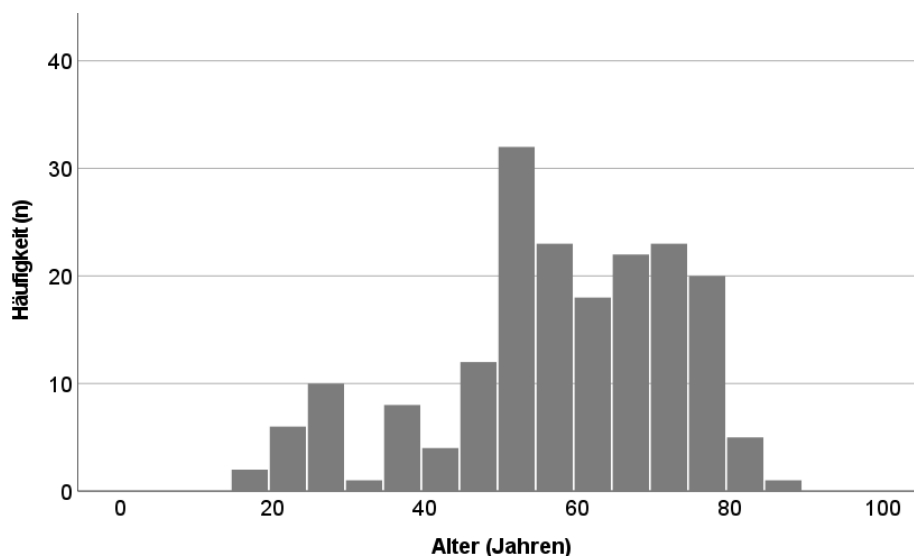


Abbildung 1: Balkendiagramm zur Altersverteilung im Gesamtkollektiv

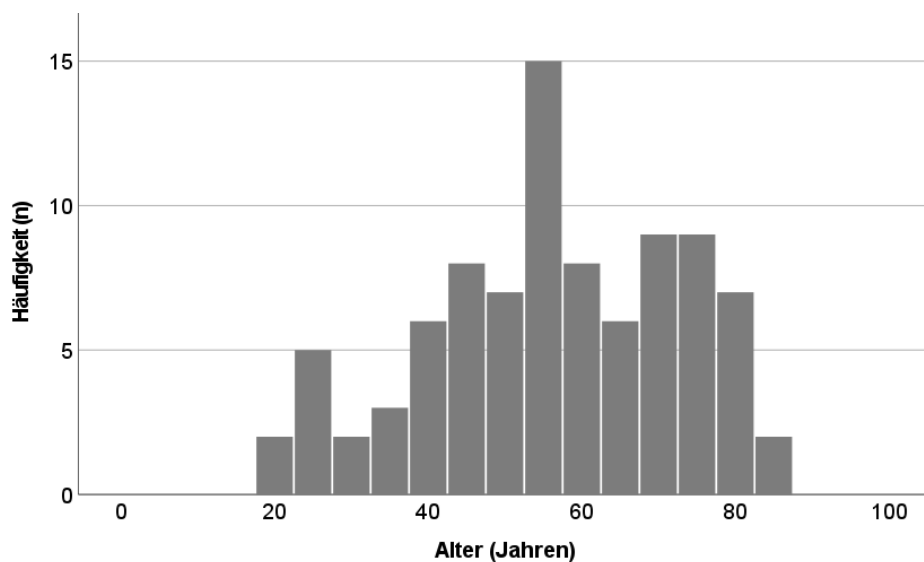


Abbildung 2: Balkendiagramm zur Altersverteilung der Männer

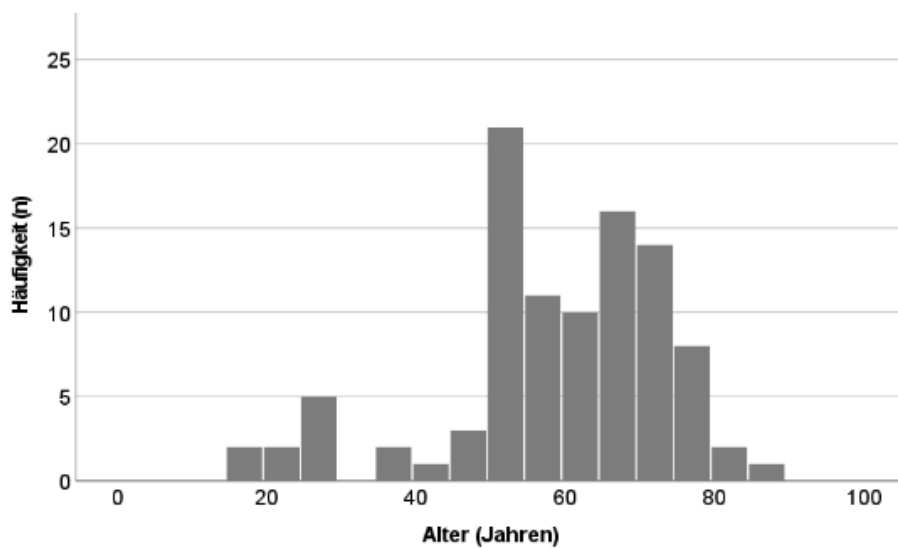


Abbildung 3: Balkendiagramm zur Altersverteilung der Frauen

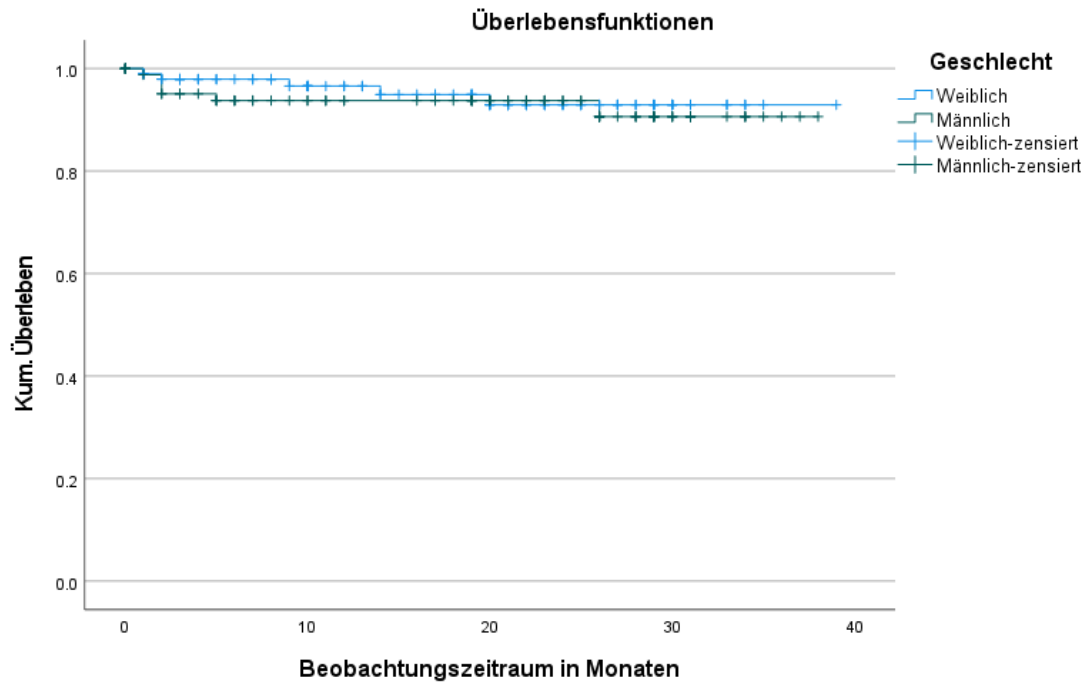


Abbildung 4: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf das Geschlecht

4.1.2 Vorhandensein von Risikofaktoren

Bei 259 Patienten (entspricht rund 63% des Gesamtkollektivs) wurde die Frage auf das Vorhandensein von Risikofaktoren für diese Studie mit "ja" beantwortet. Als Risikopatient wurden Patienten eingestuft, bei denen einer der folgenden Faktoren mit "ja" beantwortet werden konnte: Rauchen, Parodontitis in der Anamnese, Diabetes mellitus, Medikation ≥ 4 unterschiedliche Medikamente, Einnahme von Bisphosphonaten, Tumorpatient mit Bestrahlung und/oder Chemotherapie. Das Signifikanzniveau für die folgenden Analysen wird mit 0,05 angenommen. Im Log-Rank-Test ergibt sich im Gesamtvergleich über alle Patienten ein p-Wert von 0,011, was den Schluss zulässt, dass es einen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben hat, ob ein Patient als Risikopatient einzustufen ist oder nicht. Bei der genaueren Analyse der einzelnen Risikofaktoren ergibt sich bei keinem Risikofaktor ein Signifikanzniveau $\leq 0,05$. Damit scheint kein Risikofaktor allein einen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben zu haben. Vielmehr scheint die Kombination von Risikofaktoren das Implantatüberleben zu beeinflussen. Die Analysetabellen für die einzelnen Risikofaktoren seien bitte dem Anhang zu entnehmen.

Führt man jedoch die Bonferroni-Korrektur über die verschiedenen Tests durch, ergibt sich ein Teiler des Gesamtsignifikanzniveaus von acht, was ein Signifikanzniveau für die einzelnen Tests von rund 0,006 ergibt. Es wurden acht Tests durchgeführt, um die Hypothese zu testen, dass das Vorhandensein von Risikofaktoren einen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben hat. Im Einzelnen wurden getestet:

1. Das generelle Vorhandensein von Risikofaktoren
2. Der Einfluss von Tumorerkrankungen in der Anamnese
3. Eine erfolgte Radiatio oder Chemotherapie in der Krankengeschichte
4. Handelt es sich bei den Patienten um Raucher oder Nichtraucher
5. Ist der Patient Diabetiker oder nicht
6. Liegt bei dem Patienten eine Parodontitis vor
7. Nimmt der Patient Bisphosphonate ein
8. Nimmt der Patient mehr, bzw. genau vier Medikamente oder weniger ein

Legt man nun das angepasste Signifikanzniveau von 0,006 zum Test der Hypothese zugrunde und vergleicht es mit dem Ergebnis des Log-Rank-Tests von 0,011, ergibt sich kein signifikantes Ergebnis. Damit wird die Hypothese widerlegt, dass das Implantatüberleben vom Vorhandensein von Risikofaktoren abhängt.

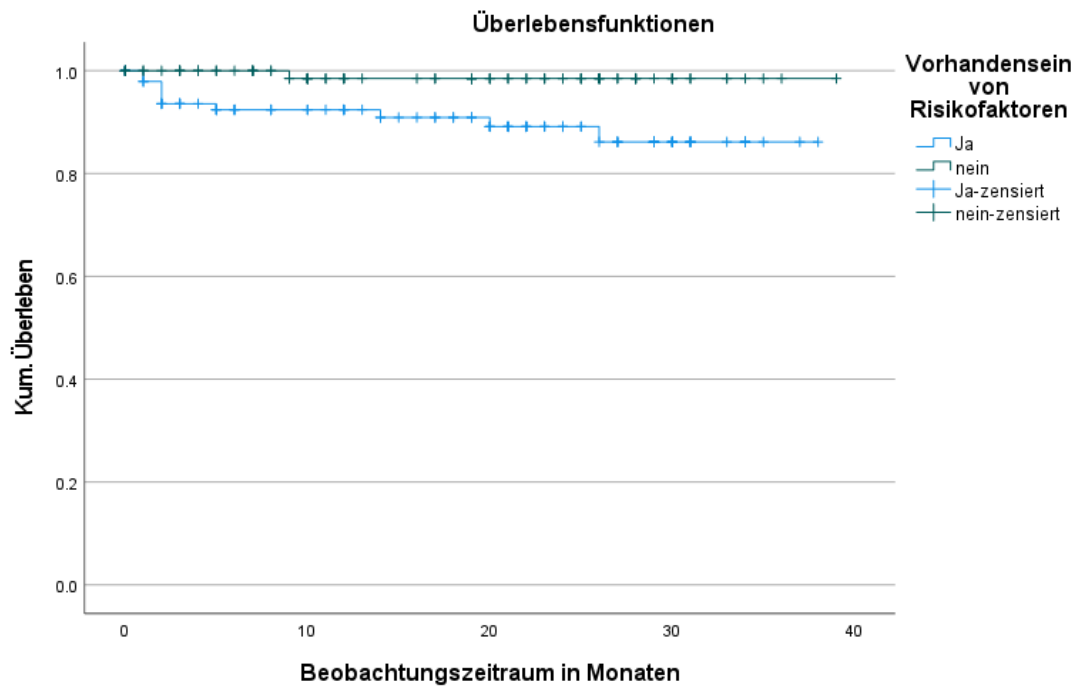


Abbildung 5: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug zum Vorhandensein von Risikofaktoren

Auch das Gesamtüberleben über alle Implantate wurde tabellarisch und grafisch als Kaplan-Meier-Kurve aufgetragen. Die Gesamtzahl der Ereignisse, also eines Implantatverlustes, beträgt 24, was bei einer Gesamtsumme von 412 beobachteten Fällen ein Gesamtüberleben von 94,2% ergibt. Der Beobachtungszeitraum liegt bei 40 Monaten, was 3 Jahren und 4 Monaten entspricht.

4.2 Implantatparameter

Im Folgenden finden sich die implantatspezifischen Parameter tabellarisch aufgeführt.

4.2.1 Implantations- und Versorgungszeitpunkte

Das Gesamtkollektiv der betrachteten Implantate beträgt 412 Implantate bei einem Patientenkollektiv von 187 Patienten. Am häufigsten wurden Spätimplantationen mit ca. 75% der Fälle durchgeführt (n = 307). Eine Sofortimplantation wurde in ca. 20% der Fälle durchgeführt, was einer Summe von 83 Sofortimplantationen entspricht. Eine Indikation zur Frühimplantation wurde nur in ca. 3% der Fälle gestellt (n = 22).

		Implantationszeitpunkt			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Sofortimplantation	83	20,1	20,1	20,1
	Spätimplantation	307	74,5	74,5	94,7
	Frühimplantation	22	5,3	5,3	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 8: Häufigkeitstabelle über die Implantationszeitpunkte

Die prothetische Versorgung fand in den meisten Fällen im Sinne einer Spätversorgung nach mindestens drei Monaten in ca. 88% der Fälle statt (n = 364). Eine Sofortversorgung wurde in 10% der Fälle durchgeführt, was einer Summe von 41 Implantaten entspricht. Das Frühversorgungskonzept wurde in ca. 2% der Fälle gewählt (n = 7).

		Versorgungszeitpunkt			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Sofortversorgung	41	10,0	10,0	10,0
	Spätversorgung	364	88,3	88,3	98,3
	Frühversorgung	7	1,7	1,7	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 9: Häufigkeitstabelle über die Versorgungszeitpunkte

Zur Untersuchung einer statistisch signifikanten Unterscheidung des Implantatüberlebens zwischen verschiedenen Implantationszeitpunkten wurde sowohl ein Log-Rank-Test als auch eine Kaplan-Meier-Kurve durchgeführt. Hieraus ergibt sich keine signifikante Unterscheidung im Implantatüberleben zwischen Sofort-, Früh- und Spätimplantation, der p-Wert liegt bei 0,322. Gleiches gilt für die Analyse des Implantatüberlebens bei Sofort-, Früh- oder Spätversorgung. Auch hier ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterscheidungen, der p-Wert liegt bei 0,506.

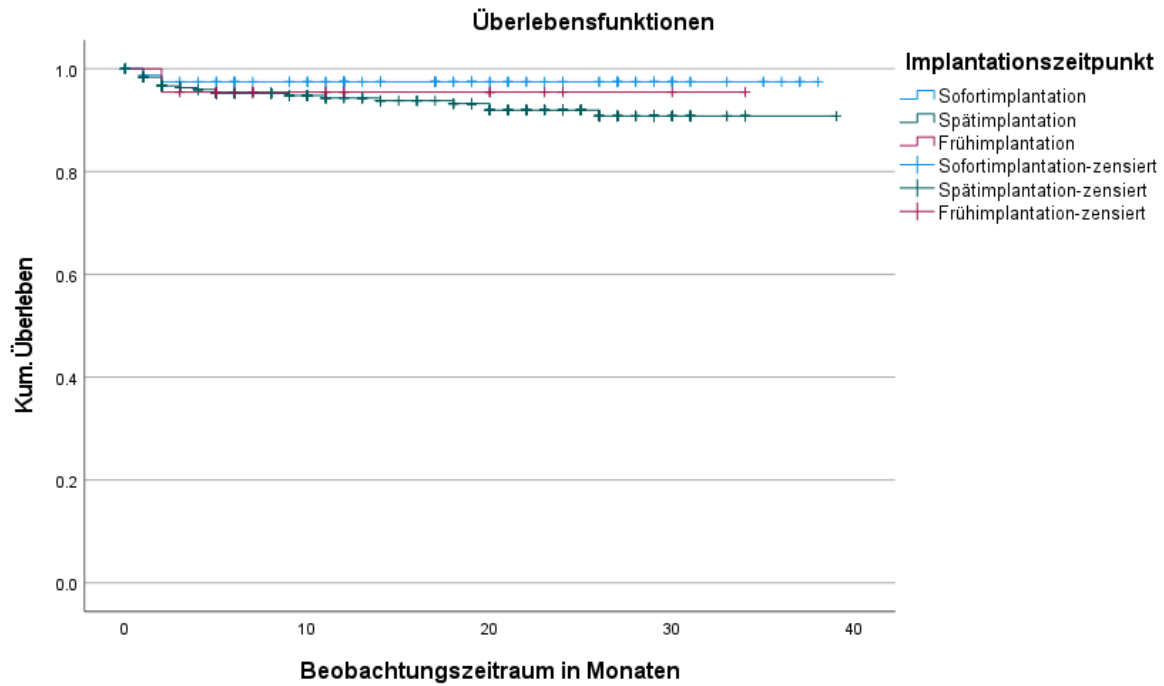


Abbildung 6: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf den Implantationszeitpunkt

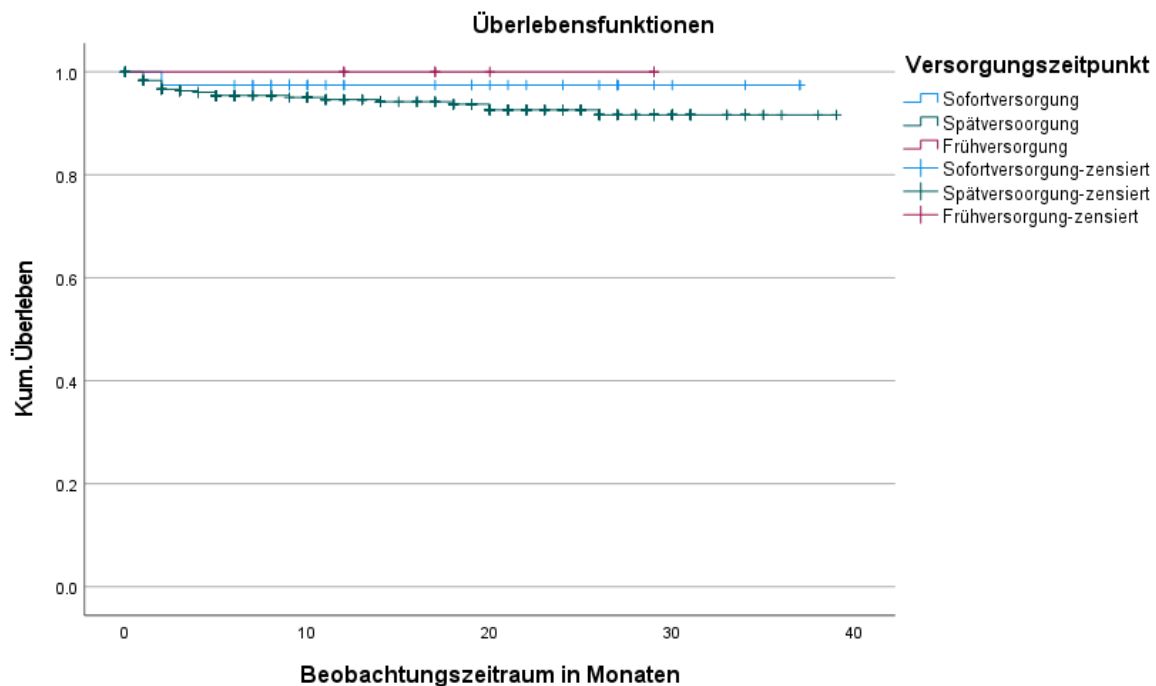


Abbildung 7: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf den Versorgungszeitpunkt

4.2.2 Implantatverteilung im Kiefer

66,5% der Implantate wurden im Oberkiefer gesetzt (n = 274), wohingegen 33,5% im Unterkiefer gesetzt wurden (n = 138). Im Oberkiefer kam es zu 13 Implantatverlusten, im Unterkiefer dagegen nur zu 11. Die meisten gesetzten Implantate wurden im Seitenzahnbereich inseriert (n = 271), während die Minderheit der Implantate als Frontzahnersatz inseriert wurde (n = 141). Von den in der Front inserierten Implantaten gingen 8 Stück verloren, im Seitenzahnbereich 16. Der Log-Rank-Test ergab sowohl für den Implantatverlust im Vergleich zwischen Ober- und Unterkiefer als auch im Vergleich zwischen Front- und Seitenzahnbereich

keine signifikanten Unterscheidungen. Der p-Wert zum Vergleich des Ober- und Unterkiefers liegt bei 0,194, zur Unterscheidung des Front- und Seitenzahnbereichs liegt er bei 0,899. Eine genaue Verteilung der Implantate nach Implantatregion ist den Tabellen 10 und 11 zu entnehmen. Hier ist festzustellen, dass die höchsten prozentualen Anteile pro Quadrant jeweils in der 6er Region zu finden sind.

Die Tabellen zu den Log-Rank-Tests sind im Anhang zu finden.

Implantatverteilung im Ober- und Unterkiefer

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Oberkiefer	274	66,5	66,5	66,5
	Unterkiefer	138	33,5	33,5	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 10: Häufigkeitstabelle zur Implantatverteilung im Ober- und Unterkiefer

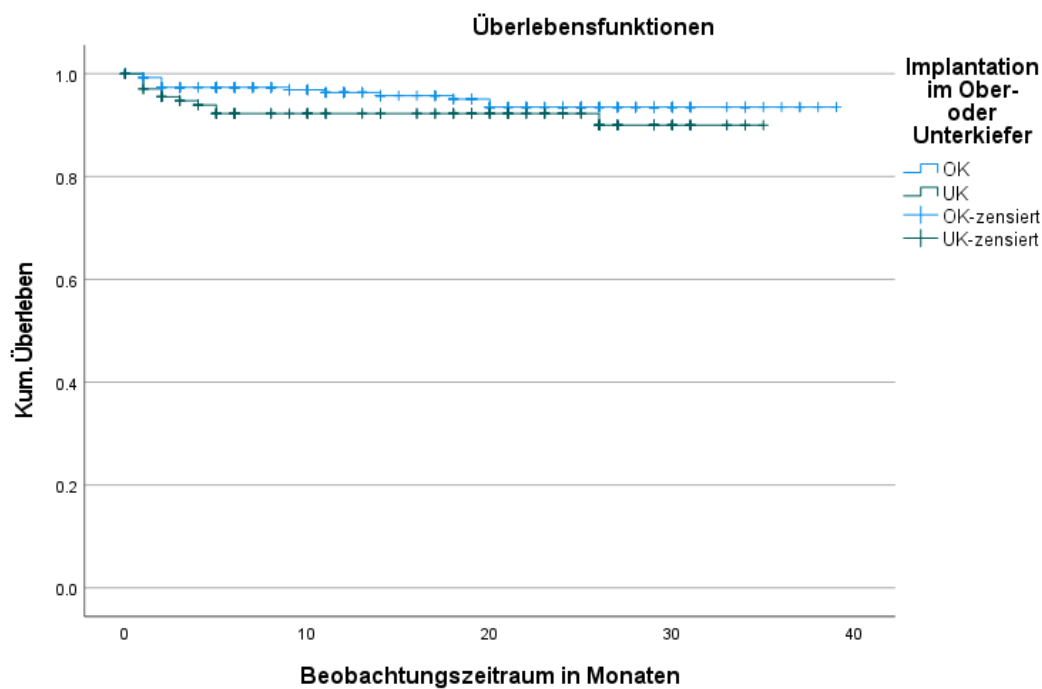


Abbildung 8: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Implantation im Ober- oder Unterkiefer

Implantatverteilung im Front- und Seitenzahnbereich

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Frontzahnbereich	141	34,2	34,2	34,2
	Seitenzahnbereich	271	65,8	65,8	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 11: Häufigkeitstabelle zur Implantatverteilung im Front- und Seitenzahnbereich

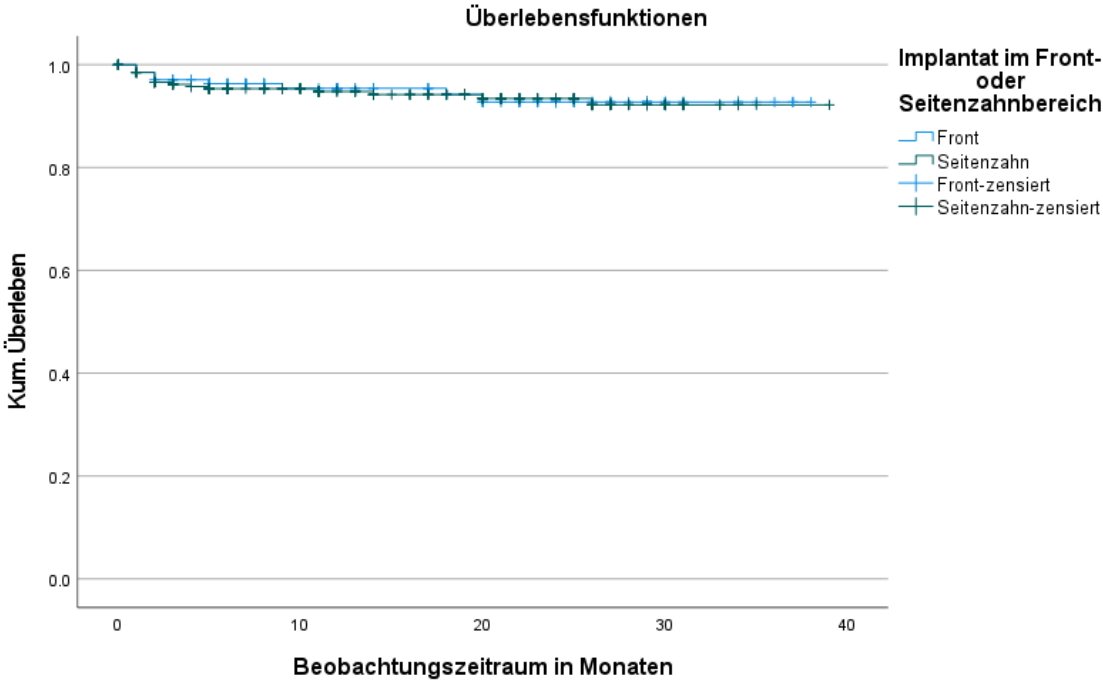


Abbildung 9: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Implantation im Front- oder Seitenzahnbereich

		Implantatregion			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	11	20	4,9	4,9	4,9
	12	14	3,4	3,4	8,3
	13	16	3,9	3,9	12,1
	14	26	6,3	6,3	18,4
	15	25	6,1	6,1	24,5
	16	28	6,8	6,8	31,3
	17	6	1,5	1,5	32,8
	21	20	4,9	4,9	37,6
	22	20	4,9	4,9	42,5
	23	18	4,4	4,4	46,8
	24	22	5,3	5,3	52,2
	25	24	5,8	5,8	58,0
	26	33	8,0	8,0	66,0
	27	3	0,7	0,7	66,7
	31	2	0,5	0,5	67,2
	32	8	1,9	1,9	69,2
	33	4	1,0	1,0	70,1
	34	10	2,4	2,4	72,6
	35	14	3,4	3,4	76,0
	36	23	5,6	5,6	81,6
	37	7	1,7	1,7	83,3
	41	1	0,2	0,2	83,5
	42	9	2,2	2,2	85,7
	43	9	2,2	2,2	87,9
	44	9	2,2	2,2	90,0
	45	9	2,2	2,2	92,2
	46	20	4,9	4,9	97,1
	47	11	2,7	2,7	99,8
48	1	0,2	0,2	100,0	
Gesamt		412	100,0	100,0	

Tabelle 12: Aufschlüsselung der Implantathäufigkeit nach Insertionsregion

4.2.3 Implantatdurchmesser und -länge

Zur einfacheren Analyse wurden sowohl der Implantatdurchmesser als auch die Implantatlänge kategorisiert. Implantate mit einem Durchmesser von 3,5mm Durchmesser entsprachen der Kategorie 1. Implantate dieses Durchmessers wurden in ca. 8% der Fälle inseriert (n = 34). Implantate mit einem Durchmesser von 3,75mm stellten mit einer Häufigkeit von ca. 58% (n = 237) die größte Gruppe dar und entsprachen Kategorie 2. Implantate mit einem Durchmesser von mehr als 3,75mm bildeten die Kategorie 3, was einer Häufigkeit von ca. 34% entsprach (n = 141). Die genaue Verteilung der kategorisierten Implantatdurchmesser ist Tabelle 13 zu entnehmen. Beim Log-Rank-Test auf das Implantatüberleben ergaben sich keine signifikanten Unterscheidungen zwischen den Kategorien. Auch mit einem p-Wert von 0,017 für die Unterscheidung der genauen Implantatdurchmesser ergibt sich keine statistische Signifikanz. Lediglich bei der Analyse der konkreten Implantatdurchmesser wurde das Signifikanzniveau mit einem Wert von 0,017 angegeben, womit es unter dem gewählten Signifikanzniveau von 0,05 liegt. Damit scheinen Unterschiede im Implantatüberleben auf konkrete Unterschiede im Implantatdurchmesser zurückführbar zu sein. Da die Implantatdurchmesser 4,0mm, 4,5mm und 5,5mm zu einer Kategorie zusammengefasst sind,

lässt dies den Schluss zu, dass eine Durchmesserdivergenz in dieser Kategorie zu einem statistisch signifikant verringerten Implantatüberleben führt.

Auch nach Durchführung der Bonferroni-Korrektur ergibt sich ein Signifikanzniveau von 0,025, da zwei Tests in Bezug auf das Implantatüberleben unterschiedlicher Implantatdurchmesser durchgeführt wurden. Damit bleibt das Ergebnis des Implantatüberlebens in Bezug auf den Implantatdurchmesser signifikant, der Unterschied im Implantatüberleben ist damit wohl eher auf einen tatsächlichen Unterschied als auf einen Zufall zurückzuführen.

Kategorisierter Implantatdurchmesser

Implantatdurchmesser	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	3,5mm	34	8,3	8,3
	3,75mm	237	57,5	65,8
	>3,75mm	141	34,2	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0

Tabelle 13: Häufigkeitstabelle zum kategorisierten Implantatdurchmesser

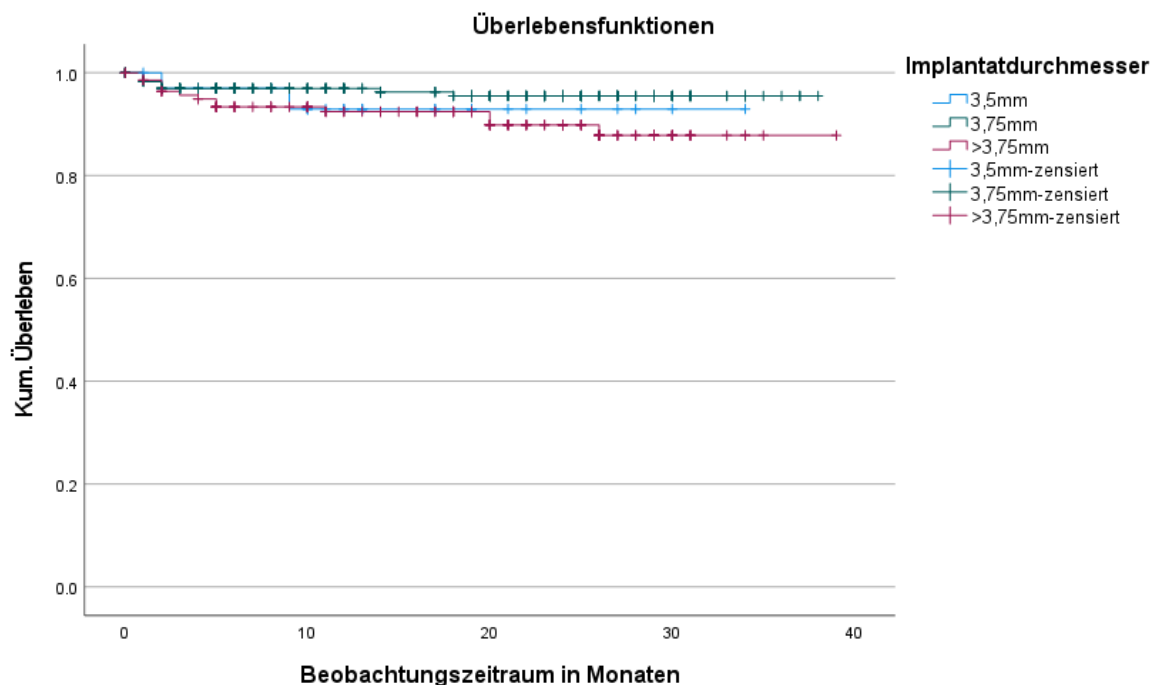


Abbildung 10: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf den kategorisierten Implantatdurchmesser

Implantatdurchmesser

Implantatdurchmesser	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	3,50	34	8,3	8,3
	3,75	236	57,3	65,5
	4,00	32	7,8	73,3
	4,50	108	26,2	99,5
	5,50	2	0,5	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0

Tabelle 14: Häufigkeitstabelle zu den unterschiedlichen Implantatdurchmessern

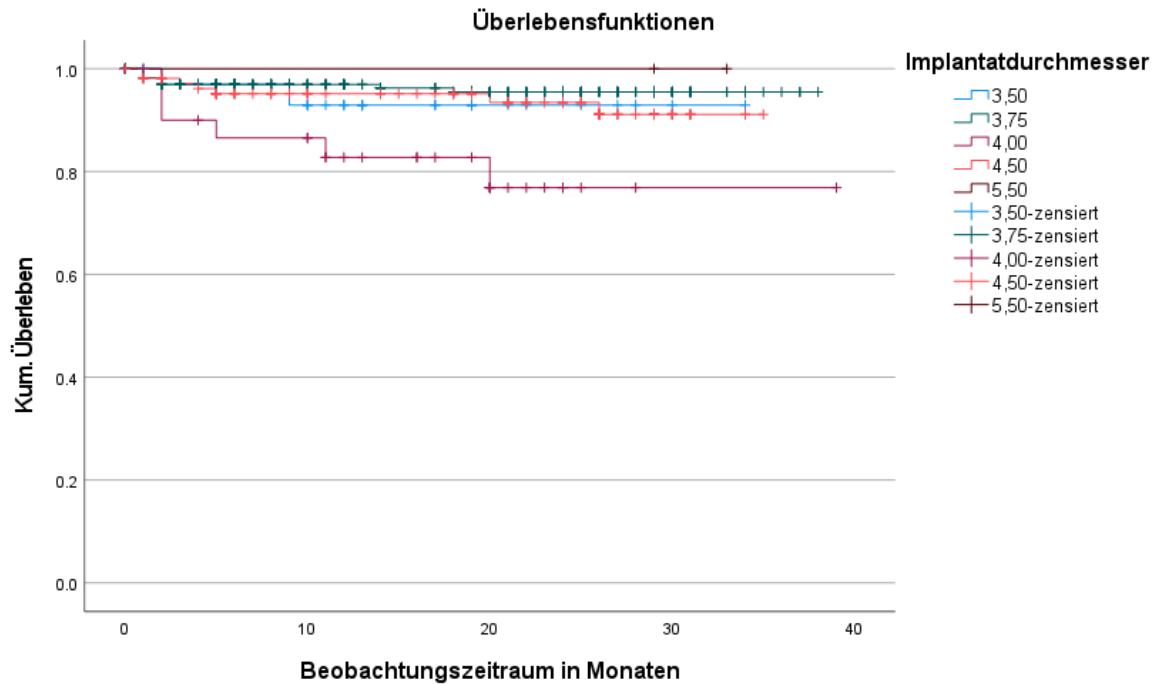


Abbildung 11: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf den genauen Implantatdurchmesser

Die Implantatlänge wurde ebenfalls kategorisiert. Implantate mit einer Länge von 6mm, was der geringsten Implantatlänge, die inseriert wurde, entspricht, wurden als Kategorie 1 definiert. Dies entspricht einer Häufigkeit von ca. 15% (n = 61). Die Kategorie 2 wird gebildet aus Implantaten, deren Länge zwischen 8 und 10mm liegt. Diese bildeten mit einer Häufigkeit von ca. 60% (n = 249) die größte Kategorie. Implantate über einer Länge von 10mm bildeten die Kategorie 3 und wurden in ca. 25% der Fälle (n = 102) inseriert. Eine genaue Verteilung der Implantatlängen ist auch hier der Tabelle 69: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Implantatlänge im Anhang zu entnehmen.

Sowohl bei der kategorisierten Implantatlänge als auch bei der Untersuchung der einzelnen Implantatlängen ließen sich keine signifikanten Unterschiede im Implantatüberleben feststellen. Die Tabellarischen Analysen hierzu sind im Anhang zu finden, ebenso wie eine Kreuztabelle zur Analyse der genauen Zuordnung von Implantatlängen und -durchmessern.

Kategorisierte Implantatlänge

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	6mm	61	14,8	14,8	14,8
	8-10mm	249	60,4	60,4	75,2
	>10mm	102	24,8	24,8	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 15: Häufigkeitstabelle zur kategorisierten Implantatlänge

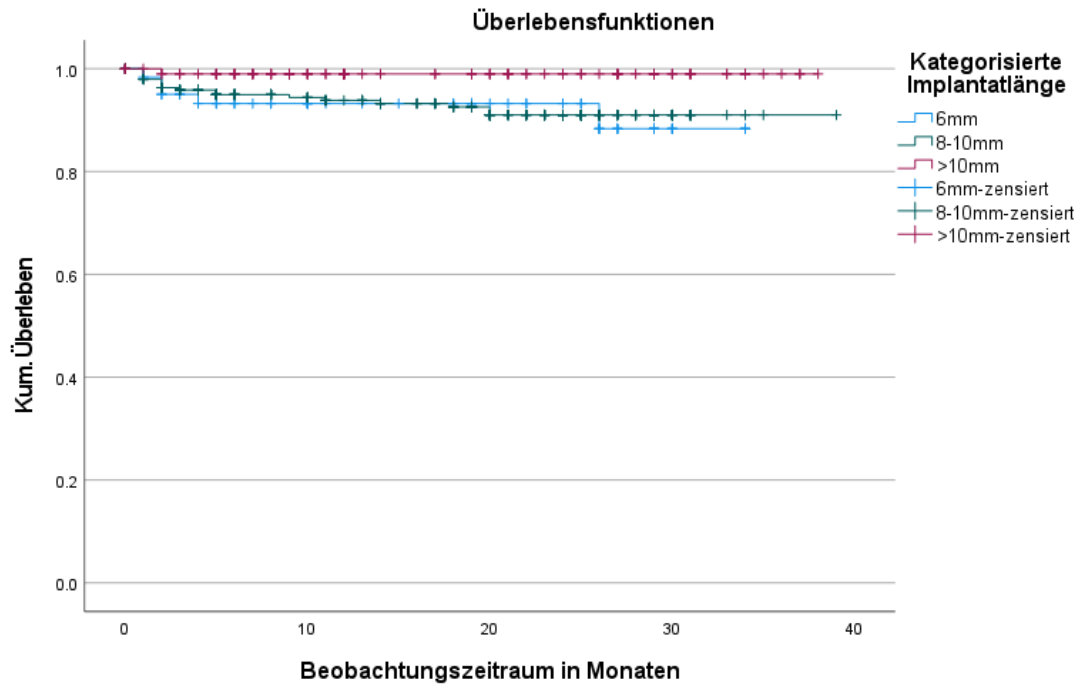


Abbildung 12: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die kategorisierte Implantatlänge

		Implantatlänge			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	6	61	14,8	14,8	14,8
	8	126	30,6	30,6	45,4
	10	125	30,3	30,3	75,7
	12	64	15,5	15,5	91,3
	14	32	7,8	7,8	99,0
	16	4	1,0	1,0	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 16: Aufschlüsselung der genauen Implantatlängen

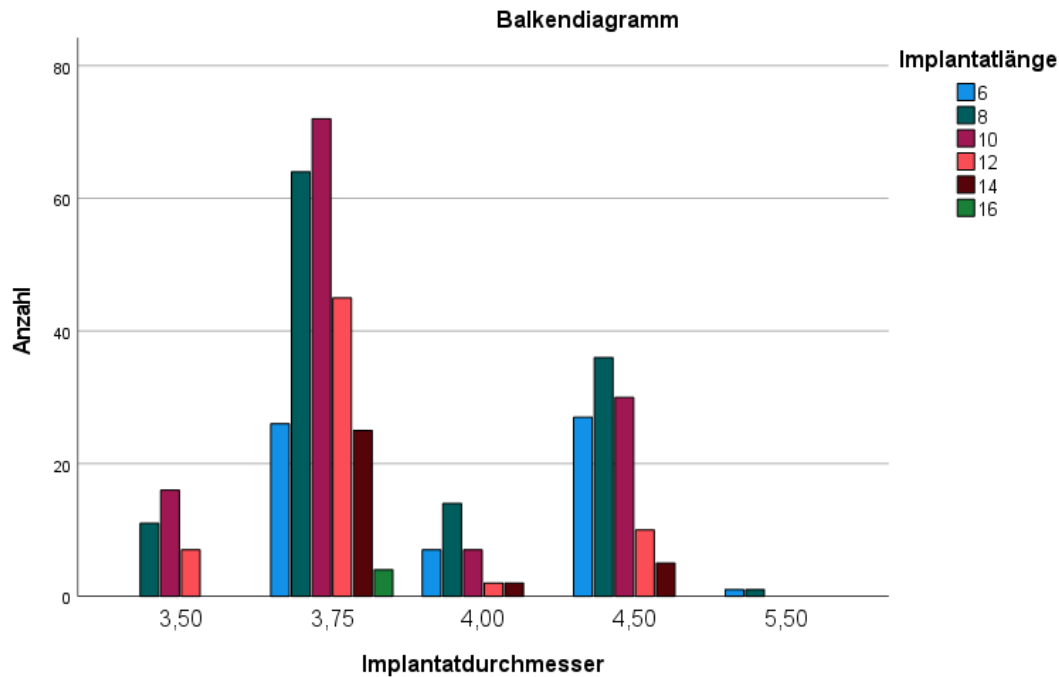


Abbildung 13: Balkendiagramm zur Verteilung der Implantatlängen auf die Implantatdurchmesser

4.2.4 Chirurgische Parameter

4.2.4.1 Operateur

In Bezug auf den Operateur ergab sich eine relativ gleichmäßige Verteilung der Implantationshäufigkeiten, lediglich die Kategorie „Sonstige“ lag mit ca. 13% (n = 52) unter der Häufigkeit von ca. 90 Implantaten pro Operateur. In Bezug auf das Implantatüberleben ergab sich ein signifikantes Ergebnis von $p = 0,044$, was auf einen signifikanten Unterschied des Implantatüberlebens in Bezug zur Wahl des Operators hinweist. Die höchste Überlebensrate mit 100% wiesen dabei Implantate auf, die von Operateur 1 gesetzt wurden. Sowohl bei Operateur 2 als auch bei Operateur 3 gingen 8 Implantate verloren, was im 1. Fall eine Überlebensquote von 91,3%, im zweiten Fall eine Überlebensquote von 91,0% ergibt. Die Zusammenfassung der Fallbearbeitung ist dem Anhang zu entnehmen. Die Operateure 1 bis 4 sind erfahrene Operateure mit vielen Jahren Erfahrung im Operationssaal, unter „Sonstige“ sind unerfahrene Operateure zusammengefasst.

		Operateur			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
gültig	Operateur 1	93	22,6	22,6	22,6
	Operateur 2	92	22,3	22,3	44,9
	Operateur 3	89	21,6	21,6	66,5
	Sonstige	52	12,6	12,6	79,1
	Operateur 4	86	20,9	20,9	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 17: Implantationen pro Operateur

Kreuztabelle: Implantatverlust – Operateur

		Implantatverlust		Gesamt
		Ja	nein	
Operateur	Operateur 1	0	93	93
	Operateur 2	8	84	92
	Operateur 3	8	81	89
	Sonstige	2	50	52
	Operateur 4	6	80	86
Gesamt		24	388	412

Tabelle 18: Kreuztabelle zum Implantatverlust abhängig vom Operateur

A

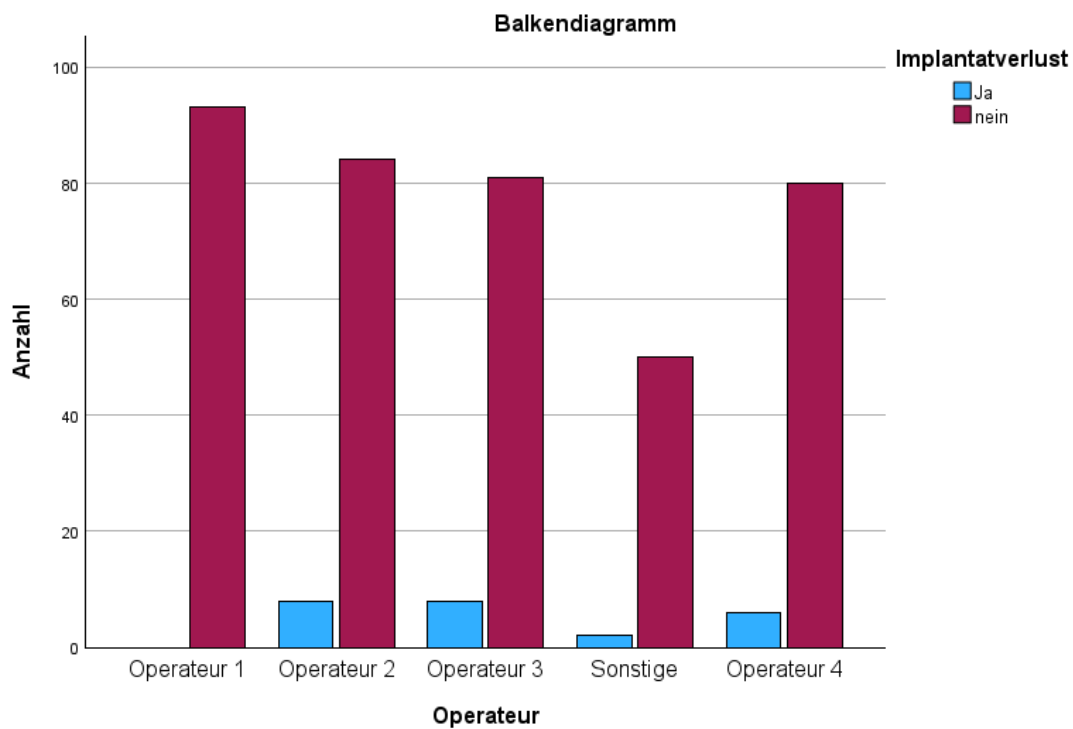


Abbildung 14: Balkendiagramm zum Implantatverlust abhängig vom Operateur

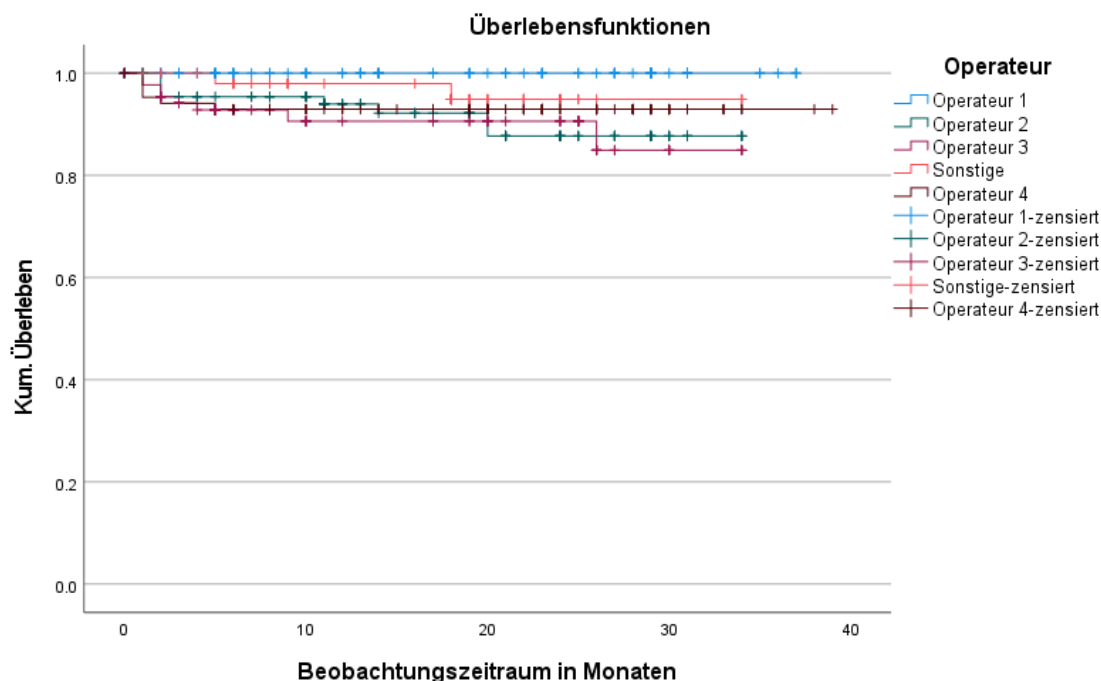


Abbildung 15: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Abhängigkeit vom Operateur

Betrachtet man das Ereignis des Implantatverlustes in Hinblick auf das Vorhandensein von Risikofaktoren in Bezug auf den einzelnen Patienten, so ergibt sich bei Patienten ohne Risikofaktoren ein signifikanter Zusammenhang zwischen Operateur und Implantatüberleben ($p = 0,040$), während bei Patienten ohne Risikofaktoren die Unterschiede auf Zufälle zurückzuführen sind.

Erfolgt die Bonferroni- Korrektur und wird das Signifikanzniveau durch die drei durchgeführten Log-Rank-Tests geteilt, so ergibt sich ein Signifikanzniveau von rund 0,017. Legt man dieses Signifikanzniveau zugrunde, so ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Operateuren im Implantatüberleben bei Patienten ohne Risikofaktoren.

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Vorhandensein von Risikofaktoren	Operateur	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
				N	Prozent
ja	Operateur 1	22	0	22	100.0%
	Operateur 2	20	4	16	80.0%
	Operateur 3	20	2	18	90.0%
	Sonstige	9	0	9	100.0%
	Operateur 4	27	4	23	85.2%
	Gesamt	98	10	88	89.8%
nein	Operateur 1	23	0	23	100.0%
	Operateur 2	16	0	16	100.0%
	Operateur 3	11	1	10	90.9%
	Sonstige	9	0	9	100.0%
	Operateur 4	30	0	30	100.0%
	Gesamt	89	1	88	98.9%
Gesamt		187	11	176	94.1%

Tabelle 19: Häufigkeitstabelle zum Implantatverlust in Abhängigkeit vom Vorhandensein von Risikofaktoren sowie zum Operateur

Gesamtvergleiche

Vorhandensein von Risikofaktoren	Chi-Quadrat	df	Sig.
ja Log Rank (Mantel-Cox)	5.894	4	.207
nein Log Rank (Mantel-Cox)	10.000	4	.040

Tabelle 20: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Operateur

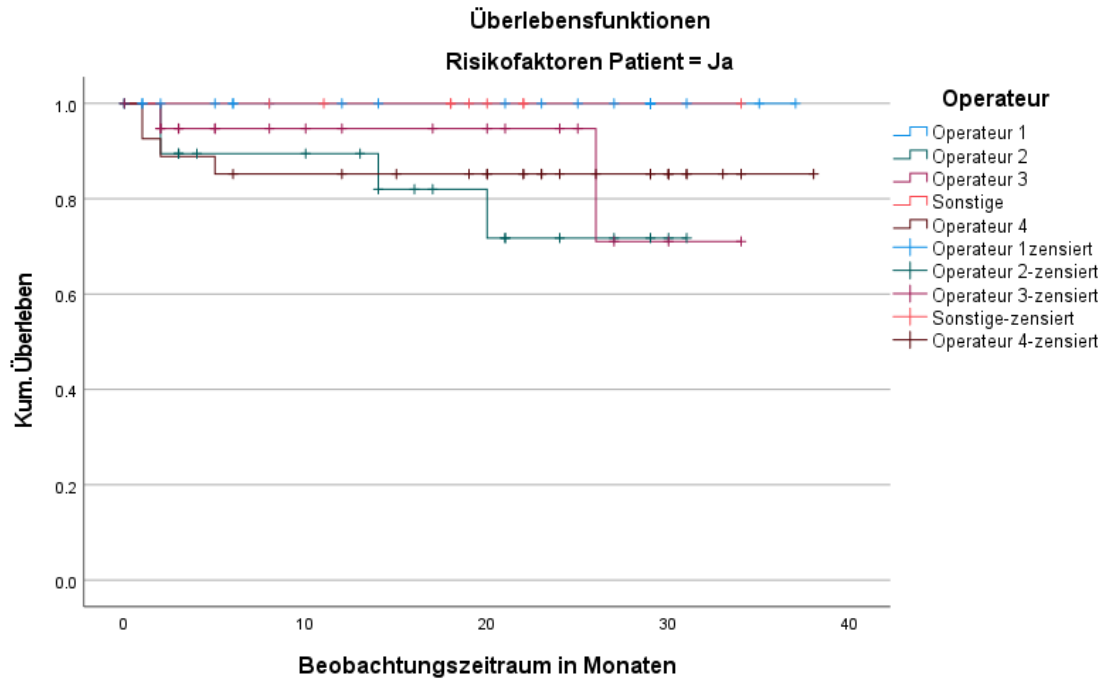


Abbildung 16: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Abhängigkeit vom Operateur und vom Vorhandensein von Risikofaktoren beim Patienten – mit Risikofaktoren

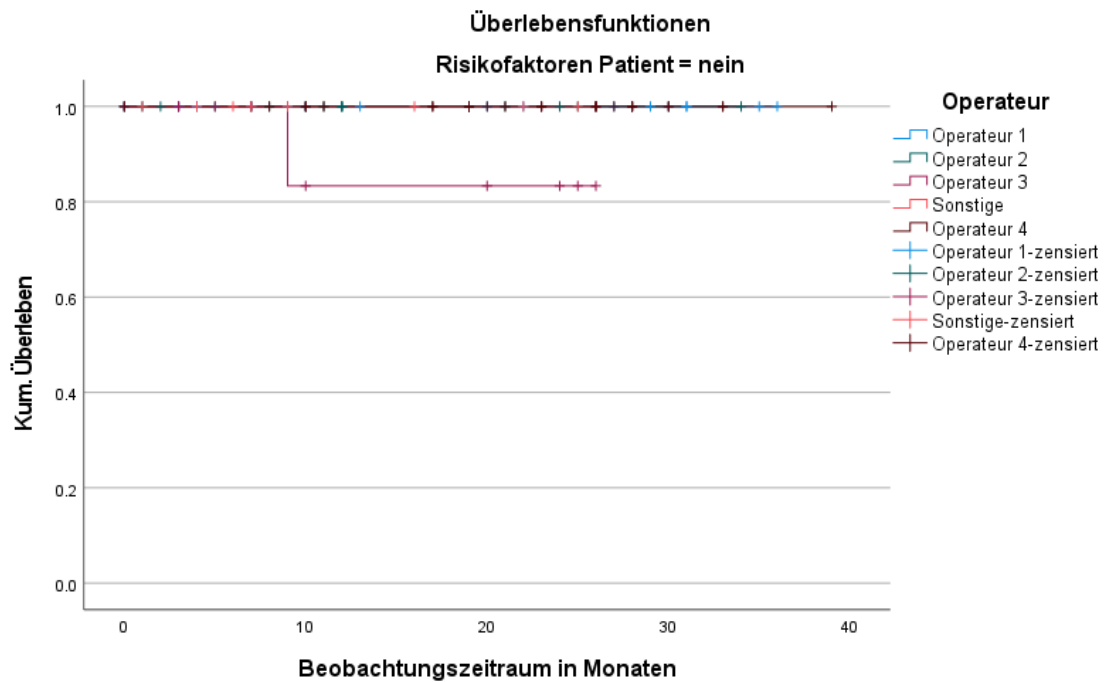


Abbildung 17: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Abhängigkeit vom Operateur und vom Vorhandensein von Risikofaktoren beim Patienten – ohne Risikofaktoren

4.2.4.2 Antibiose

Zur antimikrobiellen Abschirmung können vor oder auch nach der Implantation Antibiotikagaben indiziert sein. Dies steht vor Allem im Zusammenhang mit der patientenbezüglichen Anamnese. Eine Antibiose wurde in ca. 68% der Fälle verabreicht ($n = 281$), wobei in etwa 24% lediglich eine Single-Shot-Antibiose verabreicht wurde, im Rest der Fälle dagegen eine Dauermedikation post implantationem. In ca. 32% der Fälle war keine Antibiose indiziert. Der Mittelwert der Medikationsdauer lag bei etwa 3 Tagen. Eine genaue Aufschlüsselung der Gabedauer der Antibiose, der Zusammenfassung der Fallverarbeitung für den Log-Rank-Test, den Statistiken zur Medikationsdauer sowie dem Vergleich zwischen Single-Shot-Antibiose und Dauermedikation sind dem Anhang zu entnehmen. Beim Log-Rank-Test zum Implantatüberleben unter Antibiose ergibt sich ein signifikanter Unterschied im Implantatüberleben mit oder ohne antibiotische Abschirmung ($p = 0,002 < 0,05$), was den Schluss zulässt, dass eine antibiotische Abschirmung zu einem signifikant höheren Implantatüberleben beiträgt. Dabei scheint irrelevant, ob es sich um eine Single-Shot-Antibiose oder eine Dauermedikation handelt, auch scheinen Medikationsdauer und Präparat keinen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben zu haben. Die diesbezüglichen Analysetabellen und -grafiken sind ebenfalls dem Anhang zu entnehmen. Auch nach Durchführung der Bonferroni-Korrektur, welche das Signifikanzniveau auf die Menge der erfolgten Tests anpasst, ergibt sich ein Wert von 0,01, da die Hypothese, dass die Antibiose einen Einfluss auf das Implantatüberleben hat, auf 5 Faktoren hin untersucht wurde. Damit ist der festgestellte p-Wert für das Implantatüberleben jedoch weiterhin unter dem angepassten Signifikanzniveau von 0,01, was ein Hinweis auf einen tatsächlich statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen einer Gabe von Antibiotika zur Implantation und Implantatüberleben sein könnte.

Antibiose

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	281	68,2	68,2	68,2
	nein	131	31,8	31,8	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 21: Häufigkeitstabelle der Antibiose

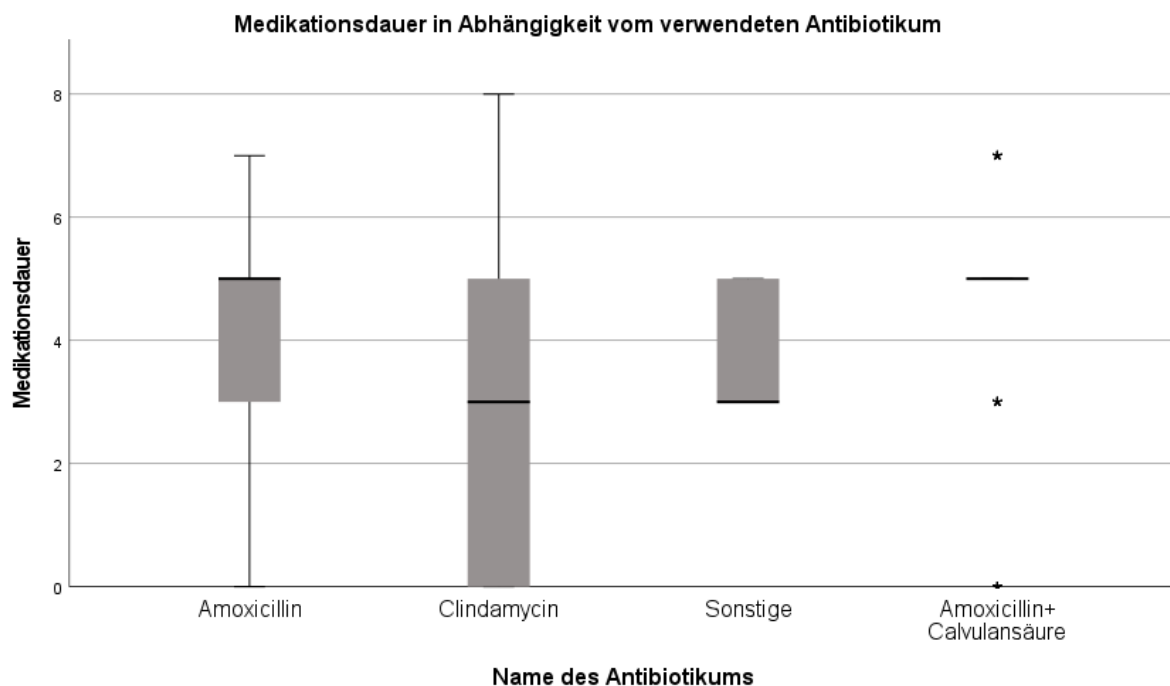


Abbildung 18: Boxplots zur Veranschaulichung der Gabedauer der Medikamente in Abhängigkeit vom Präparat

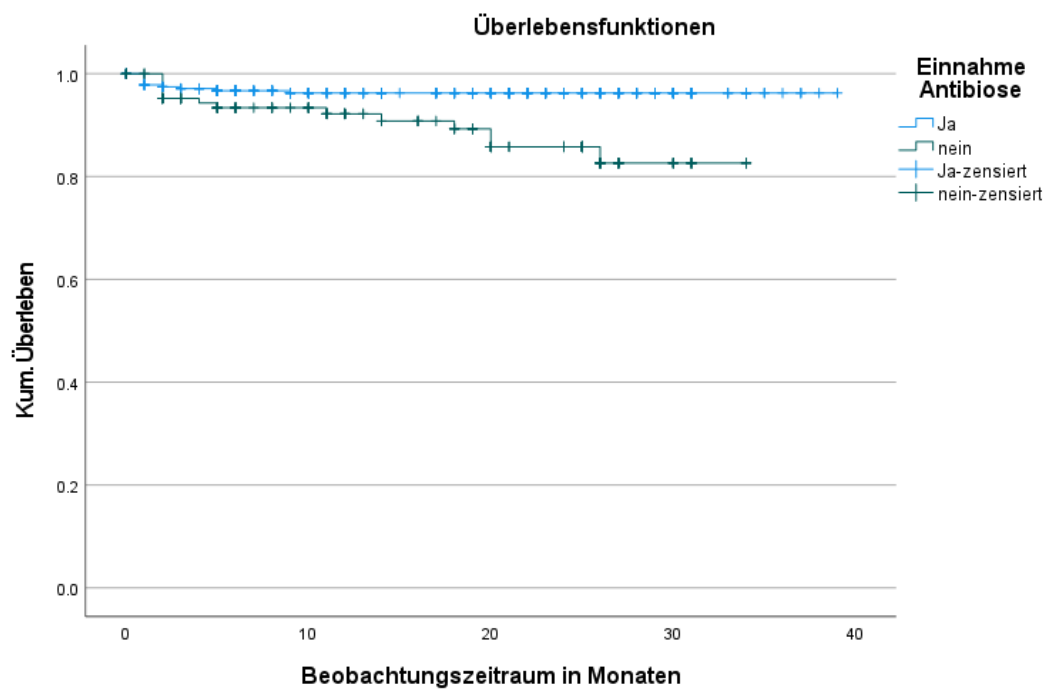


Abbildung 19: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Einnahme einer Antibiose

4.2.4.3 Guided oder Freihand-Implantation

Implantationen können sowohl frei Hand als auch mithilfe einer sogenannten „Bohrschablone“ durchgeführt werden. Hierbei lässt sich unterscheiden, ob es sich um eine Orientierungsschablone handelt, die auf den Kieferkamm aufgesetzt wird und eine Orientierung zur Insertion des Implantates gibt, oder um eine feste Bohrschablone im Sinne einer „fully guided“-Implantation, die ebenso den Winkel der zur Implantation notwendigen Bohrer und der Implantatlänge vorgibt, damit ein falscher Insertionswinkel oder eine Überaufbereitung ausgeschlossen werden können. Dies lohnt sich vor allem in schwierigen Knochenlagern zur Schonung benachbarter Strukturen. Lediglich etwa 10% der Operationen waren eine „fully guided“-Operation. Im Log-Rank-Test ergaben sich in Bezug auf das Implantatüberleben keine signifikanten Unterschiede. Der p-Wert beträgt 0,551. Die Zusammenfassung zur Fallverarbeitung sei dem Anhang zu entnehmen.

GuidedOP

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Nein	219	53,2	53,2	53,2
	Nein	153	37,1	37,1	90,3
	Ja	40	9,7	9,7	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 22: Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung der geführten Operationen durch Bohrschablonen

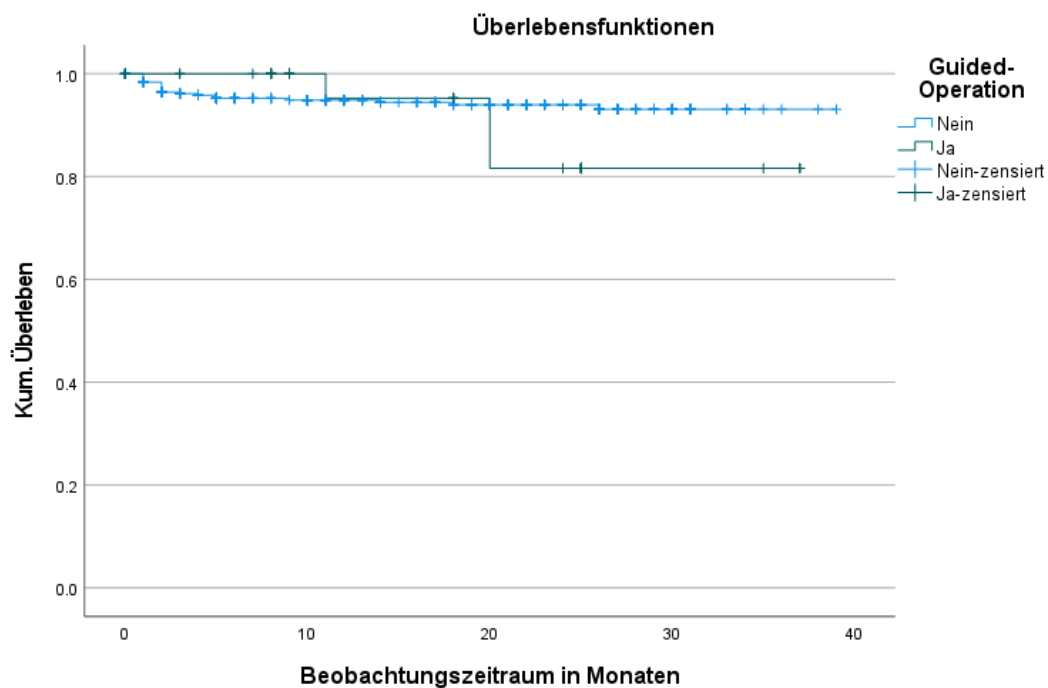


Abbildung 20: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Durchführung einer geführten Operation

4.2.4.4 Einheilmodus

Wird nach der Implantat-Insertion der Schraubkanal des Implantats mit einer Einheilschraube verschlossen und die Schleimhaut über dem Implantat speicheldicht verschlossen, so sprechen wir von einer subgingivalen Einheilung. Diese stellt den „sichereren“ Einheilmodus dar, da das Implantat besser vor äußeren Einflüssen wie mikrobieller Belastung geschützt ist und das Erreichen einer Primärstabilität wahrscheinlicher macht. Ca. 65% der Fälle (n = 269) wurden subgingival einheilen lassen, bevor sie prothetisch versorgt wurden, während in ca. 35% der Fälle (n = 143) ein transgingivaler Einheilmodus mit Gingivaformern oder im Sinne eines Sofortversorgungskonzeptes gewählt wurde. Dies hat den Vorteil, dass keine zweite Operation zur Freilegung der Implantate notwendig ist. Im Vergleich ergab sich jedoch kein signifikanter Unterschied im Implantatüberleben, wie den Tabellen im Anhang zu entnehmen ist. Der p-Wert beträgt 0,159.

Einheilmodus

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Subgingival	269	65,3	65,3	65,3
	Transgingival	143	34,7	34,7	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 23: Häufigkeitstabelle zum Vergleich der Einheilmodi

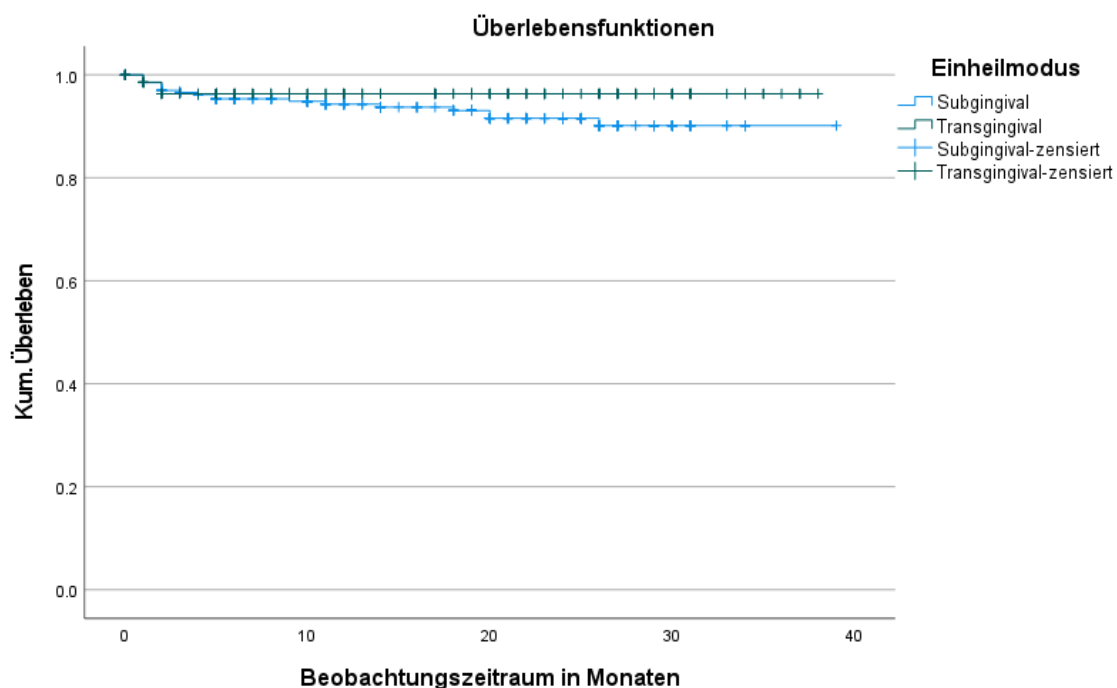


Abbildung 21: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf den Einheilmodus

4.2.4.5 Anästhesie

Die mit 49% (n = 202) häufigste Form der Anästhesie stellt die sogenannte Leitungsanästhesie dar, bei welcher der das Implantationsgebiet sensible versorgende Nerv komplett anästhesiert wird. Entweder alternativ oder zusätzlich dazu kann die Infiltrationsanästhesie gewählt werden, welche das Implantationsgebiet lokal betäubt. Diese stellt mit einer Häufigkeit von ca. 36% die zweithäufigste Anästhesieform dar. Seltener sind dagegen Implantationen unter Intubationsnarkose (ITN) (ca. 10%) oder Sedierung in Kombination mit einer Lokalanästhesie. Die Anästhesieform scheint keinen Einfluss auf das Implantatüberleben zu haben, der p-Wert beträgt 0,676. Die Tabellen hierzu sind im Anhang zu finden.

Anästhesie

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozepte	Kumulierte Prozepte
Gültig	Leitung	202	49,0	49,0	49,0
	Infiltrationsanästhesie	148	35,9	35,9	85,0
	Vollnarkose	39	9,5	9,5	94,4
	Lokalanästhesie + Sedierung	23	5,6	5,6	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 24: Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung der Anästhesieformen

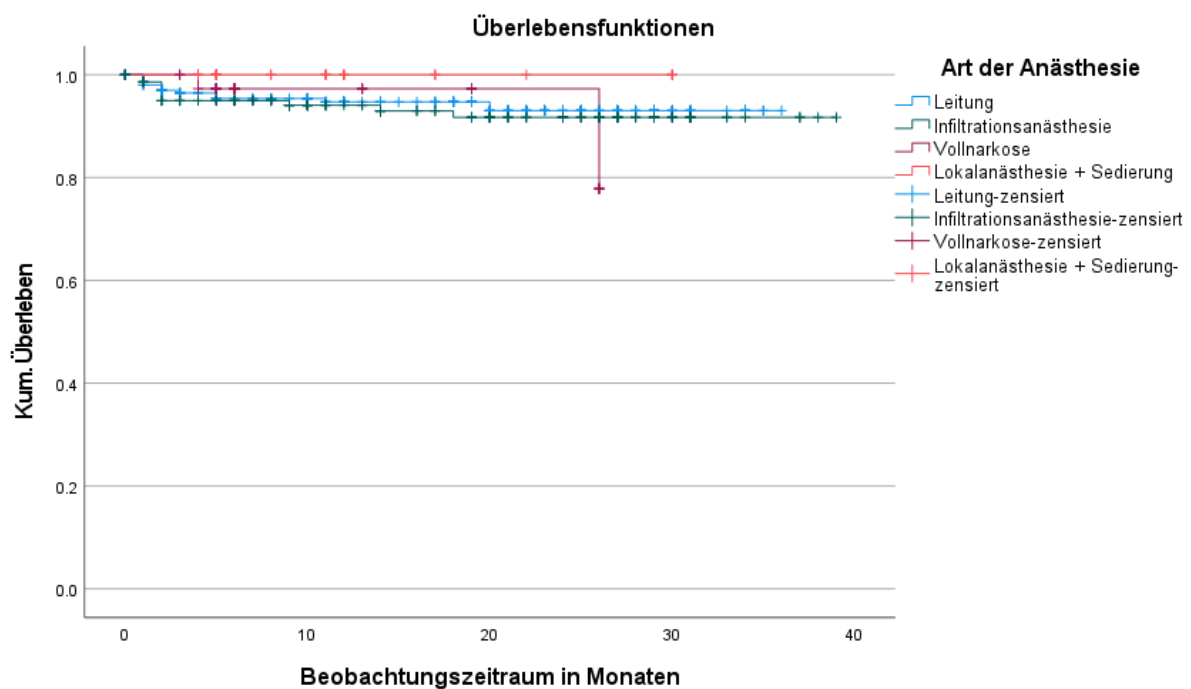


Abbildung 22: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Art der Anästhesie

4.2.4.6 Augmentationen

In einigen Fällen sind Augmentationen zur Implantatinserterion notwendig. Diese können ein- oder zweizeitig erfolgen. Eine einzeitige Augmentation wurde in ca. 51% (n = 209) der Fälle durchgeführt, eine zweizeitige Augmentation in ca. 17% der Fälle (n = 68). Am häufigsten wurden hierbei Kombinationen verschiedener Augmentationsmaterialien verwendet (n = 117, ca. 28%). Die am häufigsten gewählte Methode war die GBR mit einer Häufigkeit von ca. 62% (n = 172). Der interne oder der externe Sinuslift wurden in Summe in ca. 26% der Fälle gewählt (n = 73). Beim Vergleich der Augmentationszeitpunkte ergab sich ein signifikanter Unterschied im Implantatüberleben abhängig vom gewählten Augmentationszeitpunkt ($p = 0,034 < 0,05$). Beim einzeitigen Vorgehen gab es signifikant weniger Fälle eines Implantatverlustes als beim zweizeitigen Vorgehen. Unterscheidet man in der Kaplan-Meier-Kurve zwischen den Schichten der ein- und zweizeitigen Augmentation, so ergeben sich hier jedoch keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf das Implantatüberleben zwischen den Methoden der Augmentation. Bei der einzeitigen Augmentation beträgt der p-Wert 0,713, bei der zweizeitigen Augmentation beträgt der p-Wert 0,160. Die genauen Tabellen hierzu sowie einzelne Balkendiagramme in Bezug auf die Anzahl der Implantationen mit unterschiedlichen Augmentationsmaterialien und -methoden sind dem Anhang zu entnehmen.

Augmentationszeitpunkte

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Einzeitig	209	50,7	50,7	50,7
	nein	135	32,8	32,8	83,5
	Zweizeitig	68	16,5	16,5	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 25: Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung der Augmentationszeitpunkte

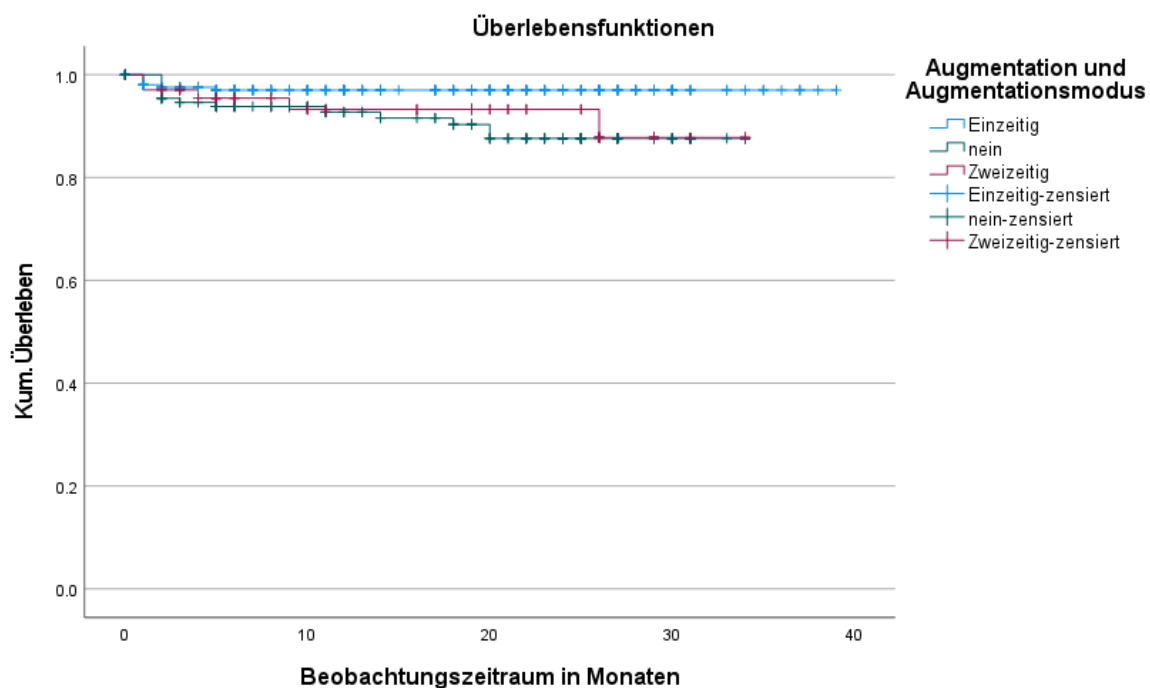


Abbildung 23: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Augmentation und den Augmentationsmodus

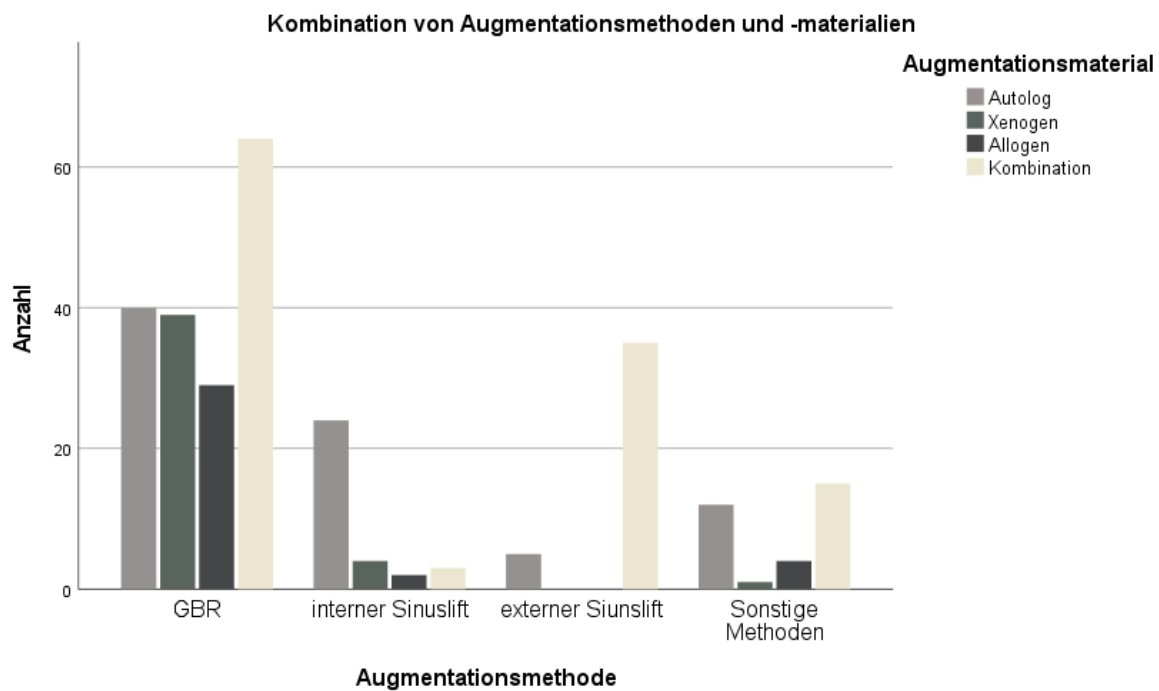


Abbildung 24: Balkendiagramm zur Verteilung der Knochenersatzmaterialien auf unterschiedliche Augmentationsmethoden

4.3 Implantatverluste

Auch das Gesamtüberleben über alle Implantate wurde tabellarisch und grafisch als Kaplan-Meier- Kurve aufgetragen. Die Gesamtzahl der Ereignisse, also eines Implantatverlustes, beträgt 24, was bei einer Gesamtsumme von 412 beobachteten Fällen ein Gesamtüberleben von 94,2% ergibt. Der Beobachtungszeitraum liegt bei 40 Monaten. Zu einem Implantatverlust (unabhängig von der Begründung) kam es in ca. 6% der Fälle (n= 24), wobei es sich bei ca. 4% (n= 16) um einen Früh- und in ca. 2% (n= 8) um einen Spätverlust handelte

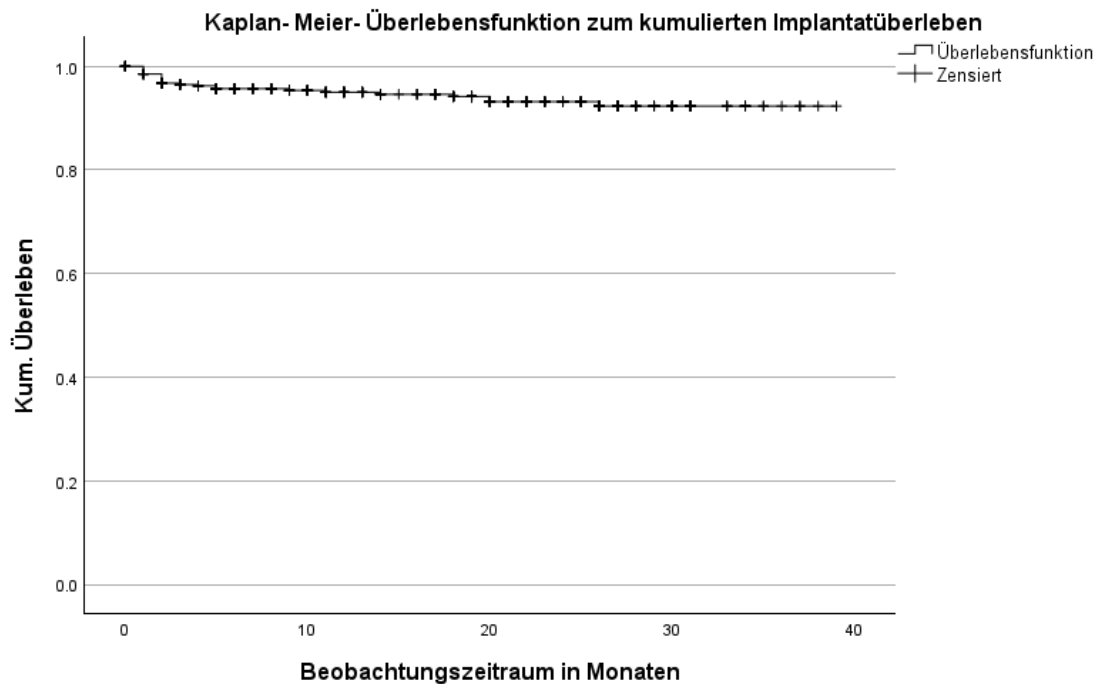


Abbildung 8: Kaplan-Meier-Kurve zum kumulierten Implantatüberleben

Eine periimplantäre Erkrankung ergab sich lediglich in ca. 2% (n = 8) der beobachteten Fälle. Zu einem Implantatverlust (unabhängig von der Begründung) kam es in ca. 6% der Fälle (n = 24), wobei es sich bei ca. 4% (n = 16) um einen Früh- und in ca. 2% (n = 8) um einen Spätverlust handelte. Das Auftreten eines periimplantären Geschehens hat signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben: 5 von 8 Implantaten, bei denen ein periimplantäres Geschehen auftrat, gingen im Laufe der Behandlung verloren. Dies entspricht einer Überlebensrate von 37,5%. Bei Implantaten ohne periimplantäres Geschehen liegt das Überleben mit einem Wert von 95,3% signifikant höher. Der genaue p-Wert im Log-Rank-Test ergab 0,000. Die genauen Analysetabellen sind dem Anhang zu entnehmen.

Periimplantitisgeschehen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	8	1,9	1,9	1,9
	nein	404	98,1	98,1	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 26: Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung periimplantärer Geschehnisse

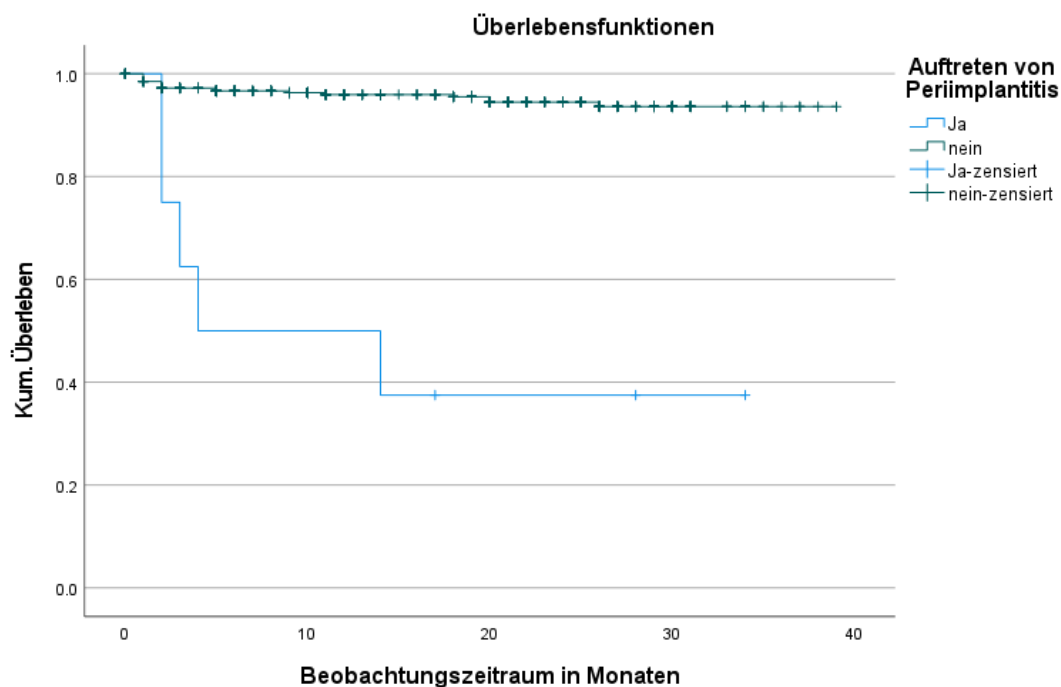


Abbildung 25: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf das Auftreten einer Periimplantitis

Implantatverlust

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	24	5,8	5,8	5,8
	nein	388	94,2	94,2	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 27: Häufigkeit eines Implantatverlustes

Implantatfrühverlust

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	16	3,9	3,9	3,9
	nein	396	96,1	96,1	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 28: Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung eines Implantatfrühverlustes

Implantatspätverlust

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	8	1,9	1,9	1,9
	nein	404	98,1	98,1	100,0
	Gesamt	412	100,0	100,0	

Tabelle 29: Häufigkeitstabelle zur Aufschlüsselung eines Implantatspätverlustes

Der Knochenabbau wurde sowohl mesial als auch distal als Differenz zwischen der Knochenhöhe im 1. und im 2. Röntgenbild definiert. In 260 Fällen konnte keine Differenz bestimmt werden, weil mindestens eine röntgenologische Aufnahme nicht vorliegend war. Der mittlere Knochenabbau lag bei ca. 0,17mm mit einer Standardabweichung von $\pm 0,5$ mm. Der maximale Knochenabbau lag bei 4,32mm.

Statistiken

Durchschnittlicher Knochenabbau am Implantat		
N	Gültig	254
	Fehlend	158
Mittelwert		-.0894
Median		-.0050
Standardabweichung		.48939
Spannweite		4.64
Minimum		-3.14
Maximum		1.50

Tabelle 30: Deskriptive Statistik in Bezug auf den gemessenen Knochenabbau der Implantate

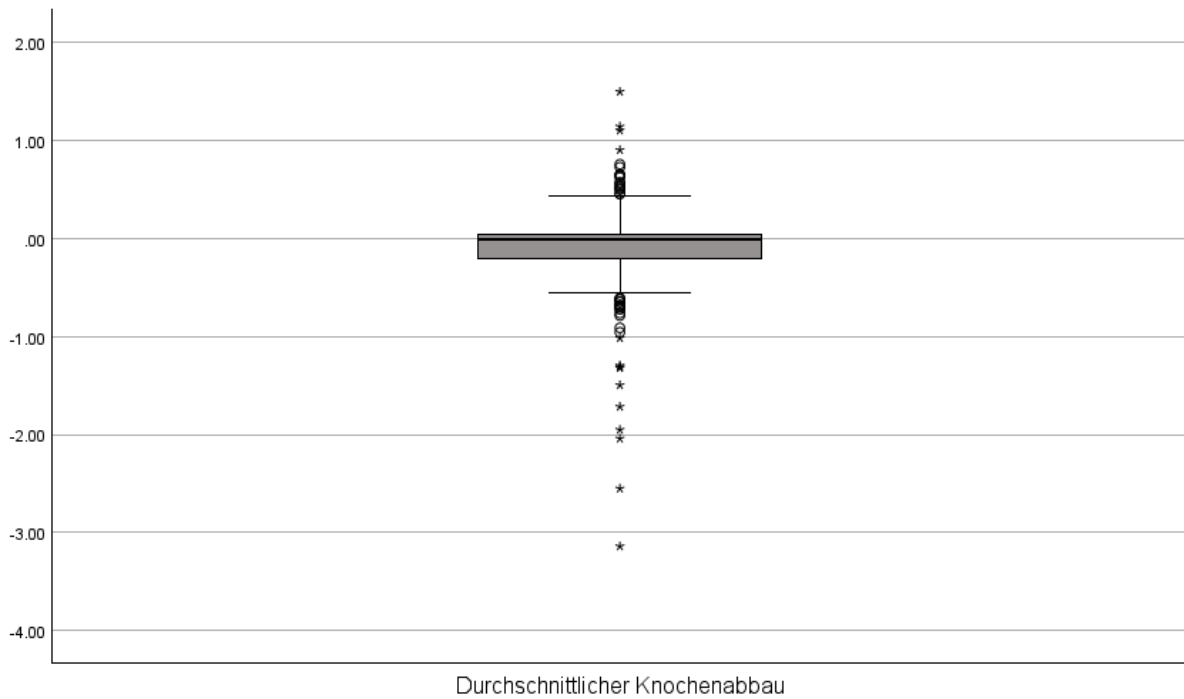


Abbildung 26: Boxplot zur Verteilung des durchschnittlich gemessenen Knochenabbaus

5 Diskussion

Die Indikation für Implantationen steigt in den vergangenen Jahrzehnten stetig an, ebenso steigen die Anforderungen an Implantatsysteme. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Implantatsysteme ist daher essenziell für die Wettbewerbsfähigkeit der Firmen. Die unabhängige Untersuchung dieser Implantatsysteme im klinischen und Praxiskontext kann die Gleichwertigkeit oder sogar Überlegenheit der neueren Implantatsysteme gegenüber älteren Implantatsystemen abbilden und neue Indikationsbereiche für dentale Implantate aufzeigen, unabhängig von Herstellerstudien. Das BLX-Implantatsystem ist auf den Einsatz als relativ kurzes Implantat, besonders im Rahmen der Sofortimplantation und in kompromittierten Knochenverhältnissen, spezialisiert. Daher ist in der Datenanalyse auf solche Parameter besonderer Fokus zu legen.

Besonders kurze Implantate sind in den vergangenen Jahren immer weiter in den Fokus gerückt, da sie die Indikation und die Notwendigkeit großer augmentativer Verfahren verringern und damit die Anzahl der Eingriffe und die Belastung des Patienten verringern können. Auch die Möglichkeit der Sofortimplantation hat für den Patienten unbestrittene Vorteile, da sie die Anzahl der Behandlungen in der Klinik, bzw. der Praxis, verringern und damit die Gesamtbehandlungsdauer verkürzen. Zudem können häufig anatomische Strukturen erhalten bleiben, die beim klassischen Vorgehen durch natürliche Atrophievorgänge verloren gehen. Implantatsysteme, die sich auf solche Indikationsgebiete spezialisieren, stellen daher für Untersuchungen dieser Art ein interessantes Themengebiet dar.

Auch kleinere Untersuchungen mit einem etwas kleineren Patientenkollektiv und einer geringeren Anzahl an Implantaten können einen Hinweis auf die Anwendbarkeit des Implantatsystems für seine spezifischen Indikationsgebiete im Klinischen sowie im praxisbezogenen Kontext geben.

Jedoch muss angemerkt werden, dass ein Patientenkollektiv im klinischen Kontext keine repräsentative Stichprobe für das Gesamtkollektiv der Patienten darstellt, bei denen das BLX-System für eine Implantation in Betracht gezogen werden kann. Die Universitätsmedizin Mainz ist Anlaufstelle für überweisende Behandler, die sich eine Implantation im Allgemeinen oder eine Implantation unter speziellen Umständen, zum Beispiel aufgrund der hohen Fallkomplexität, nicht zutrauen. Sowohl die intraoralen Verhältnisse als auch patientenspezifische Parameter können einen zahnärztlichen Fall kompliziert machen und einen Zahnarzt dazu bewegen, einen Patienten an die Universitätsklinik zu überweisen. Daher kann bei diesem Patientenkollektiv nicht davon ausgegangen werden, dass es sich um eine für das Gesamtpatientenkollektiv repräsentative Stichprobe handelt und die Ergebnisse einfach auf das Gesamtkollektiv der Patienten übertragen werden kann.

5.1 Implantatüberleben

Der Implantationserfolg wird in der Literatur uneinheitlich definiert.

Eine der neusten Klassifikationen zur Beurteilung eines Implantaterfolges wurde 2007 von der ICOI beschlossen. Die Kriterien zur Beurteilung wurden bereits in der Literaturdiskussion erläutert. Diese Klassifikation bezieht auch klinische Parameter in die Beurteilung mit ein.

Zwar ist die klinische Beurteilung der Implantate in dieser Arbeit schwierig zu erfüllen gewesen aufgrund der Tatsache, dass die Universitätsmedizin häufig nur als Überweiser für den chirurgischen Eingriff fungiert. Die prothetische Nachbehandlung erfolgte nicht bei allen gesetzten Implantaten in domo, weshalb die klinischen Parameter „Implantatmobilität“, „Schmerzen“, „Sondierungstiefe“ und „Exsudation“ nicht zu beurteilen waren. Dennoch soll an dieser Stelle die Klassifikation zur Beurteilung des BLX-Implantatsystems hinzugezogen werden, da sie auch den radiologisch feststellbaren Knochengewebeverlust miteinbezieht, der in dieser Untersuchung für alle Implantate sowohl mesial als auch distal des Implantats erfolgte.

Beim Blick in die Datentabelle ergeben sich 224 gültige Fälle, für die ein Knochenabbau ermittelt werden konnte. Bei der Ermittlung der Differenzen für das jeweilige Implantat mesial und distal der Implantatschulter ergab sich bei keinem der bewerteten Implantate ein Knochenabbau, der 2mm mesial oder distal überstieg. Somit würden nach der Klassifikation der ICOI von 2007 alle Implantate als Erfolg bei optimalem Gesundheitszustand bewertet, sofern man die klinischen Parameter außer Acht lässt, die sich im Rahmen dieser Untersuchung nicht rückwertend bewerten ließen.

Tatsächlich ließ sich bei der Berechnung der Differenzen häufig sogar eine positive Differenz ermitteln, also ein mathematischer Knochenzuwachs. Jedoch sollte hier die Aufnahmegeometrie Beachtung finden, die sich nicht immer zu 100% reproduzieren lässt. Damit kann es zu abweichenden Messwerten zwischen Implantatschulter und angrenzendem Knochenniveau kommen. Dieser Messfehler sollte sowohl bei der Ermittlung negativer Differenzen, also eines „Knochenrückgangs“ als auch bei der Ermittlung positiver Differenzen, also von „Knochenzuwachs“ bedacht werden. Die hier ermittelten Differenzen sind damit nicht absolut sicher zu beurteilen, da sie jedoch auch in der Praxis in ähnlicher Form durchgeführt werden würden und auch die zahnärztlich arbeitenden Kollegen der ICOI nach diesem Standard verfahren, kann zumindest davon ausgegangen werden, dass die hier beurteilten Implantate radiologisch als Erfolg eingestuft werden können.

Selbst die Definition eines Implantatüberlebens ist nicht klar zu treffen. Häufig wird in der Literatur keine Angabe zum Grund des Implantatversagens gemacht. Gründe für eine Explantation und damit ein nicht zustande gekommenes Implantatüberleben können vielfältig sein. Dazu gehört eine unzureichende Primärstabilität, die in sofortiger Konsequenz dazu führt, dass ein Implantat nicht inseriert wird, eine mangelhafte Osseointegration, z.B. aufgrund einer unzureichenden Ruhestellung des Implantats, einer prothetisch ungünstigen Lage des Implantats, weshalb dieses nicht zu versorgen ist, oder Spätkomplikationen wie ein periimplantäres Geschehen oder ein Schraubenbruch. Die Indikation für eine Explantation wird von Behandler zu Behandler unterschiedlich getroffen, weshalb eine eindeutige Definition für ein Implantatüberleben, bzw. für das Gegenteil, schwierig zu treffen ist.

Auch der Implantaterfolg ist in der Literatur nicht eindeutig definiert. Je nach Quelle kann die Definition enger oder weiter ausfallen. So ist für Buser et al. bereits dann von einem Implantaterfolg zu sprechen, wenn keine manuelle Mobilität des Implantats vorliegt, radiologisch keine Radioluzenzen erkennbar sind, keine Schmerzen, BOP, manifeste Infektion oder erhöhte Sensitivität vorliegt (17). Bei Studien von Naert et. Al. von 1992 wurde sogar lediglich zwischen Integration und Nonintegration unterschieden, wobei die Kriterien für eine Nonintegration durch eine Beweglichkeit der unverblockten Suprakonstruktion, eine periimplantäre Radioluzenz und Schmerzen oder Entzündungen definiert sind (19). Im Jahr 2000 wurde diese Definition von Naert und Snauwaert erweitert und schloss dann auch weitere Kriterien ein, unter anderem die Nutzbarkeit des Implantates als Stütz- oder Retentionselement für eine Suprakonstruktion (21). Besonders neuere Definitionen stecken die Kriterien für einen Implantaterfolg enger und unterscheiden auch zwischen Erfolg, Überleben und Fehlschlag (23). In diesen Studien wird auch der radiologische Knochenverlust als Kriterium für einen Implantaterfolg oder -misserfolg miteinbezogen (23, 24), so wie es auch in dieser Untersuchung geschehen ist.

In dieser Studie wurde als Implantatüberleben die reine Befindlichkeit des Implantats in situ zum letzten Untersuchungstermin in der Klinik bezeichnet, da die prothetische Versorgung nicht zwangsläufig in der Klinik erfolgte und die prothetische Versorgung daher nicht immer nachvollziehbar war. Als „Ereignis“ in der Kaplan-Meier-Kurve wurde ein Implantatverlust gewertet. Der Nachbeobachtungszeitraum betrug 40 Monate, was langfristige Aussagen bezüglich (bzgl.) des Implantat Überlebens- oder Erfolgs schwierig macht. Studien von Albrechtsson et. al. von 1986 betrachteten 5- bis 10-Jahres-Beobachtungszeiträume (20).

5.2 Alter und Geschlecht

In der Studie wurden 186 Patienten betrachtet, die Verteilung von Alter und Geschlecht war dabei relativ homogen. Es wurden 98 Frauen und 89 Männer in die Nachbeobachtung einbezogen. Das Durchschnittsalter lag bei den Frauen hierbei bei 59 mit einer Standardabweichung von +/- 15 Jahren, bei den Männern lag das Durchschnittsalter bei 56 Jahren mit einer Standardabweichung von +/- 16 Jahren. Es konnte im Log-Rank-Test kein statistisch signifikanter Zusammenhang im Implantatüberleben zwischen dem Alter oder dem Geschlecht der Patienten festgestellt werden. Da lediglich zwei Operationszentren betrachtet wurden und ein Großteil des Patientenkollektivs im klinischen Kontext behandelt wurde, ist die Stichprobe für die Allgemeinheit nicht repräsentativ. Gerade im klinischen Kontext werden häufiger multimorbide Patienten, Tumor- oder sonstig kompromittierte Patienten behandelt, deren Behandlung im Praxisalltag zu Komplikationen führen kann und daher vom Hauszahnarzt an die Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsmedizin Mainz verwiesen werden. Zudem finden sich im Klinikkontext auch Patienten, die bereits zuvor – z.B. aufgrund einer Tumorerkrankung im Kopf-Hals-Bereich – zur Behandlung an der Klinik vorstellig waren und daher dort auch weiterbehandelt werden.

5.3 Risikofaktoren

Bei der reinen Analyse auf das Vorhandensein von Risikofaktoren, wobei als Risikofaktor das Vorhandensein nur einer dieser Faktoren gewertet wurde, kann ein signifikanter Einfluss des Vorhandenseins von Risikofaktoren auf das generelle Implantatüberleben festgestellt werden. In der Kaplan-Meier-Analyse und dem Log-Rank-Test zeigt sich, dass das Risiko, einen Implantatverlust zu erleiden, beim Vorhandensein eines Risikofaktors signifikant höher ist, als wenn keine Risikofaktoren vorliegen. Als Risikofaktor seitens der Patientengesundheit wurden folgende Daten erfasst: Rauchverhalten der Patienten, wobei lediglich in „ja“ und „nein“ unterschieden wurde, eine parodontale Vorbelastung des Gebisses, die aus der Patientenakte oder den vorliegenden PSA ermittelt wurde, eine Tumorerkrankung, speziell im Kopf-Hals-Bereich in der Anamnese mit dazugehöriger Behandlung, wobei eine Radiatio, eine Radio-Chemo-Therapie oder eine Chemotherapie als Risikofaktor gewertet wurde. Eine rein operative Behandlung oder eine nicht erfolgte Behandlung wurde nicht als Risikofaktor gewertet, sofern dies nicht im Implantationsgebiet lag.

Des Weiteren wurde als Risikofaktor die Einnahme von Bisphosphonaten gewertet, da diese nachweislich den Knochenstoffwechsel hemmen und zu einer schlechteren Osseointegration der Implantate führen können (61, 104). Eine Einnahme von mehr als 3 Medikamenten wurde als Hinweis auf eine Multimorbidität und damit als kompromittierender Faktor für das Implantatüberleben gewertet. Auch Diabetes mellitus hat laut (It.) von Wilmowsky et. al. einen Einfluss auf das Implantatüberleben und wurde daher als Risikofaktor gewertet (56). Im Log-Rank-Test und der Kaplan-Meier-Kurve scheint es auf den ersten Blick einen Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Risikofaktoren und dem Implantatüberleben zu geben. Bei der Analyse der einzelnen Faktoren stach jedoch kein Faktor signifikant heraus. Nach Anwendung der Bonferroni-Korrektur liegt keine statistische Signifikanz vor.

5.4 Implantatparameter

Bei den Implantatparametern Implantationszeitpunkt, Versorgungszeitpunkt, Implantationsregion unterschieden in Ober- und Unterkiefer sowie Front- und Seitenzahnggebiet sowie Implantatlänge und -durchmesser scheint einzig der nicht-kategorisierte Implantatdurchmesser einen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben zu haben. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Lee et.al. 2014, die in ihrer Meta-Analyse Studien zum Vergleich kurzer (5-8mm) und langer Implantate (>8mm) untersuchten und keine signifikanten Unterschiede im Implantatüberleben feststellen konnten (105). Im zugehörigen Kaplan-Meier-Diagramm ist ersichtlich, dass Implantate mit einem Durchmesser von 5,5mm im Progress eine höhere

Verlustrate hatten als Implantate mit geringerem Durchmesser. Der Log-Rank-Test gibt hierzu nur ein Signifikanzniveau von 0,017 an. Ob diese Beobachtung jedoch weitreichende Aussagekraft hat, sei aufgrund der geringen Anzahl der Implantate dieses Durchmessers ($n = 2$) dahingestellt. Laut Franck Renouard und David Nisand, die 2006 eine Metaanalyse bezüglich des Implantatüberlebens bei verschiedenen Implantatlängen und -durchmessern durchführten, hätte neueren Publikationen zufolge der Durchmesser keinen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben (106).

5.5 Chirurgische Parameter

Weitreichenden Einfluss auf das Implantatüberleben scheint auf den ersten Blick auch die Wahl des Operateurs zu haben. So zeigt sich im Log-Rank-Test ein signifikanter Einfluss des Operateurs auf das Implantatüberleben ($p = 0,044$). Einen Aufschluss über den Grund dieses signifikanten Unterschiedes lässt die Analyse nicht zu. Zur weiterführenden Analyse wurde die Kaplan-Meier-Kurve um die Schicht „Risikofaktoren“, bezogen auf die Patienten, erweitert. Bei dieser Unterscheidung ergab sich in der Schicht „nein“ ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den Operateuren ($p = 0,04$) während es bei den Risikopatienten keine signifikanten Unterschiede im Implantatüberleben zwischen den Operateuren zu geben scheint. Wichtig ist hierbei jedoch, die Kreuztabelle zu beachten: unter den Nicht-Risikopatienten ist es lediglich bei einem Patienten zu einem Verlust gekommen, was bei der geringen Stichprobengröße massiven Einfluss auf das Ergebnis des Log-Rank-Tests und der Kaplan-Meier-Kurve hat (der Patient wies keinen der untersuchten Risikofaktoren auf). Das Ergebnis der Analyse kann daher auch auf die geringe Stichprobengröße zurückgeführt werden und nicht auf die Fähigkeiten des Operateurs.

Es ist nicht auszuschließen, dass es sich bei diesem Ergebnis um einen Zufall handelt. Dies wird bei Durchführung der Bonferroni-Korrektur bestätigt. Wird das gewählte Signifikanzniveau durch die Anzahl der durchgeführten Tests, in diesem Fall drei, geteilt, ergibt sich ein Signifikanzniveau pro Test von rund 0,017. Dies wird in keinem Fall unterschritten, womit sich keine signifikanten Unterschiede ergeben und gemessene Unterschiede vermutlich eher auf einen Zufall zurückzuführen sind als auf einen tatsächlichen Unterschied. In einer Metaanalyse von Sendyk et. al. von 2017 wurde ebenfalls der Einfluss des Operateurs auf das Implantatüberleben untersucht. In dieser Analyse wurde nicht der Einfluss des Individuums auf den Implantaterfolg untersucht, jedoch hat die Erfahrung des Operateurs signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben gezeigt. „Erfahrung“ wird hier durch die Anzahl der inserierten Implantate definiert, wobei als „Experten“ Operateure gelten, die mehr als 50 Implantate inseriert haben (107).

Mit einem Wert von $p = 0,002$ im Log-Rank-Test liegt der p -Wert für die Gabe von Antibiotika auch nach Durchführung der Bonferronikorrektur deutlich unter dem gewählten Signifikanzniveau von 0,05 und zeigt damit einen statistisch signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben. Eine Unterscheidung der gewählten Präparate zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede, ebenso wenig die Gabe des Antibiotikums als SingleShot oder Dauermedikation. Dieses Ergebnis könnte den Schluss zulassen, dass eine Antibiotikagabe als SingleShot-Medikation mit 1g Amoxicillin eine Stunde präoperativ ebenfalls zu einem gesteigerten Implantatüberleben führen kann. Auch hierbei sollten jedoch weitere Faktoren, z.B. Risikofaktoren beim Patienten, in die Analyse, ob eine solche Medikation ausreichend ist, einbezogen werden. Auch die Gatedauer der Antibiose hat keinen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben. Dies zeigen auch vergleichbare Studien von Romandini et al. (108), jedoch sollte eine Kosten-Nutzen-Abwägung individuell erfolgen, da auch die Kosten für eine Resistenzbildung bei übermäßiger Verschreibung eines Antibiotikums für das Gesundheitssystem enorm sein können (109). Bei gesunden Patienten zeigt sich in einer kleineren, jedoch technisch gut kontrollierten Studie kein signifikanter Unterschied im Implantatüberleben bzgl. der Antibiotikaphylaxe (110).

Ein weiterer Faktor, der betrachtet wurde, war die Durchführung der Implantation als Guided-OP. Hierbei konnte kein signifikanter Unterschied im Implantatüberleben festgestellt werden. In der Literatur zeigt sich, dass Operationen, die mit Hilfe einer Bohrschablone durchgeführt wurden, zu guten Implantatüberlebensraten geführt haben (111). Sicherlich ist die Durchführung einer Operation als geführte Operation kein Fehler. Die hier betrachteten Operateure sind bereits langjährig implantologisch tätig. Andere Studien zeigen, dass die Erfahrung des Operateurs signifikanten Einfluss auf den Erfolg einer Implantation hat (107). Ein erfahrener Implantologe kann die aktuelle Patientensituation in der Regel besser einschätzen. Zudem ist hier lediglich vom Implantatüberleben, nicht jedoch vom Implantaterfolg die Rede.

Das BLX-Implantatsystem ist für sogenannte „Sofortversorgungskonzept“ gemacht. Ein wichtiger Faktor von Sofortversorgungskonzepten ist auch die sofortige Versorgbarkeit. Das „konventionelle“ Vorgehen zeichnet sich durch lange Wartezeiten zwischen den einzelnen Schritten der Implantation aus: Nach erfolgter Planung erfolgt ggf. ein Knochenaufbau vor der eigentlichen Implantation. Im Anschluss erfolgt die Implantation mit Abdeckung des Schraubkanals durch eine Einheilschraube und anschließendem Abwarten der Knochenheilungsphasen in subgingivalem Einheilmodus. Beim konventionellen Vorgehen wird die Einheilung des Implantates abgewartet. Die Knochenheilung erfolgt, wie bereits in der Literaturdiskussion erläutert, in den von Abrahamsson et. al. beschriebenen Phasen und sind vergleichbar mit den klassischen Phasen der Knochenheilung: Der Implantation, der Inflammationsphase, der Granulationsphase, der Kallushärtung und des Modeling und Remodelings (8, 9, 13, 112). In einer erneuten Operation wird das Implantat freigelegt und mit einem Gingivaformer versorgt. Nach der Weichgewebsheilung kann dann die eigentliche Versorgung mit Suprakonstruktion erfolgen. Bei Sofortversorgungskonzepten werden einige der Schritte oder alle Schritte in einer oder mehreren Operationen zusammengefasst, was insgesamt eine kürzere Behandlungszeit und ggf. auch weniger operative Eingriffe zur Folge hat. Dies hat sowohl für den Patienten als auch für den Behandler Vorteile, da mehr OP-Kapazitäten geschaffen werden und das Gewebe insgesamt weniger vernarbt. In dieser Untersuchung konnte kein signifikanter Unterschied im Implantatüberleben festgestellt werden zwischen einem subgingivalen und einem transgingivalen Vorgehen. Dies spricht dafür, dass, sofern die gleichen Voraussetzungen wie in dieser Untersuchung gegeben sind (was zum Beispiel die Erfahrung der Operateure angeht), nichts gegen eine zeitliche Raffung des operativen Vorgehens bei Implantationen spricht.

Auch bei der Untersuchung der Anästhesieform konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Der Zustand des Patienten bei der Operation als auch die lokale Anästhesieform haben keinen Einfluss auf das Implantatüberleben gezeigt.

Bei den Augmentationsmethoden hat sich in der Kaplan-Meier-Kurve ein signifikanter Unterschied zwischen dem ein- und dem zweizeitigen Vorgehen bei der Implantation in Bezug auf das Implantatüberleben gezeigt. Entgegen der Annahme, dass das zweizeitige Vorgehen, also die Augmentation im 1. und die Implantation im 2. Schritt, zu einer höheren Überlebenschance führt, zeigt sich hier beim zweizeitigen Vorgehen eine höhere Verlustrate der Implantate als beim einzeitigen Vorgehen. Hier gilt es allerdings die Komplexität der betrachteten Fälle zu beachten. Eine GBR ist vor allem bei kleinen Defekten indiziert und wird häufig unterstützend und im gleichen Schritt wie die Implantation selbst durchgeführt. Ein zweizeitiges Vorgehen wird dagegen häufiger bei komplexeren Augmentationen gewählt. Zu den sonstigen Augmentationsmethoden, die in dieser Untersuchung aufgrund der zu geringen Fallzahlen nicht einzeln aufgeführt wurden, gehört zum Beispiel auch die Knochenblock- oder die Mesh-Augmentation, welche komplexere Augmentationsmethoden darstellen und zweizeitig durchgeführt werden. Da es sich in solchen Fällen oft auch im Allgemeinen eher um kompromittierte Patienten handelt, kann zwar eine Korrelation, aber keine Kausalität in Bezug auf Implantatüberleben und Augmentationszeitpunkt hergestellt werden.

Ein sehr klarer Zusammenhang zwischen Implantatüberleben und implantationsbezogene Faktoren lässt sich in Bezug auf ein periimplantäres Geschehen am Implantat nachweisen. Ist am Implantat ein periimplantäres Geschehen nachweisbar, so ist die Wahrscheinlichkeit für

den Verlust des Implantates in Anbetracht des Log-Rank-Tests signifikant höher als bei einem Implantat ohne Periimplantitis. Die Periimplantitis beschreibt einen entzündlichen Prozess um das Implantat herum, was oft einen Verlust der Implantatstabilität und der Osseointegration zur Folge hat (113). Ein Implantatfrühverlust wurde in 16 Fällen verzeichnet, ein Spätverlust nur in 8 Fällen. Beim Frühverlust geht das Implantat bereits während der Einheilphase verloren, vom Spätverlust wird dagegen nach bereits erfolgter Osseointegration gesprochen (114). In beiden Fällen kann eine Periimplantitis der Grund sein. Andere Studien legen dagegen eher Zeiträume oder prothetische Belastungszeiträume zur Definition des Früh- oder Spätverlustes zugrunde (114).

Wichtig zur Beurteilung eines Implantatsystemes ist, den durchschnittlichen Knochenabbau um die Implantate herum zu betrachten. In dieser Studie wurde der Knochenverlust radiologisch nachgemessen, indem postoperative Bilder, bzw. postprothetische Bilder mit Kontrollaufnahmen nach einem Jahr verglichen wurden. Im Allgemeinen zeigt sich bei diesem Implantatsystem kein großer mittlerer Knochenabbau mesial und distal an den Implantaten. Der Mittelwert liegt bei etwa 0,17mm Knochenabbau, der Median sogar nur bei 0,005mm Knochenabbau mit einer Standardabweichung von ca. 0,5mm. Damit ist der mittlere Knochenabbau geringer mit dem Knochenabbau in anderen Studien (19, 115, 116), wobei hier der Nachbeobachtungszeitraum beachtet werden sollte. Tatsächlich kann sogar in einigen Fällen ein Knochenzuwachs verzeichnet werden. Wichtig ist hierbei jedoch zu erwähnen, dass es sich bei dieser Messmethode zwar um die am besten verfügbare, nicht jedoch um die fehlerfreiste Methode zur Messung des Knochenverlustes handelt. Als erste Fehlerquelle sei an dieser Stelle zu nennen, dass aufgrund des Patientenkollektivs keine einheitlichen Parameter in Bezug auf den Untersuchungszeitpunkt der Knochenhöhe einzuhalten waren. Bei vielen Patienten lag lediglich ein postoperatives Bild vor, wohingegen die prothetische Versorgung zum Zeitpunkt der Datenerhebung entweder noch nicht erfolgt war oder keine Röntgenaufnahme angefertigt wurde. Bei einigen Patienten erfolgte auch lediglich die Implantation vor Ort, die prothetische Versorgung jedoch wurde beim Hauszahnarzt durchgeführt, sodass gar kein Vergleich angestellt werden konnte. Zuletzt ist die Messmethode selbst nicht fehlerfrei: Um einen Vergleich der Knochenhöhe anzustellen ist es wichtig, für die Anfertigung der Röntgenaufnahmen vergleichbare Parameter anzustellen. Das bedeutet, dass die Aufnahmegeometrie in beiden Fällen die gleiche sein müsste. Eine verzerrungsfreie Aufnahme ist am ehesten durch ein DVT gewährleistet. Ein DVT ist jedoch nicht in jedem Falle einer Implantation indiziert und aus strahlenschutztechnischer Sicht daher nicht zu empfehlen. Bei den zweidimensionalen Aufnahmetechniken, die sich zur Beurteilung eines Implantates eignen, weil sie eine Beurteilung bis zur Implantatspitze zulassen, sind die PSA und Einzelzahnaufnahme (EZA) zu nennen. Um Verzerrungen und Schattenbildungen bei der PSA zu vermeiden, wird versucht, die Aufnahmetechnik und -geometrie zu standardisieren. Jedoch ist auch hier nicht zu verleugnen, dass die Aufnahmegeometrie nicht immer zu 100% übereinstimmt. Durch eine geringfügig andere Kopfneigung kann die koronale Knochenkante anders projiziert sein als bei der Voraufnahme. Hieraus ergeben sich dann Messfehler, die zu falschen Annahmen über die mesialen und distalen Knochenverhältnisse führen. Zudem lassen die zweidimensionalen Aufnahmetechniken keinen Schluss über die oralen und vestibulären Knochenverhältnisse zu, da sie vom Bild des Implantats überlagert werden. Kleinere, lokale Knochendefekte um das Implantat können dadurch übersehen werden. Bei bekanntem Maß lässt die Differenz zwischen Implantatschulter und sichtbarer Knochenkante gut zu bestimmen, indem die Implantatlänge als Referenzwert gewählt wird.

Bei Einzelzahnaufnahmen ist ein Vergleich der Aufnahmen noch schwieriger: Je nachdem, welche Aufnahmetechnik für die Einzelzahnaufnahme gewählt wurde, weisen die Röntgenbilder unterschiedliche Aufnahmegeometrien auf und der Vergleich der Differenz des Knochenkamms und der Implantatschulter ist von der Projektion abhängig. Einzelzahnaufnahmen eignen sich aufgrund der geringeren Strahlenbelastung jedoch gut zur Beurteilung des Implantats: Da in der Regel keine millimetergenaue Angabe über die crestale Knochenhöhe und Differenz zur Implantatschulter durchgeführt wird, sondern nur eine Verlaufskontrolle mit Beurteilung der allgemeinen Knochenstruktur zirkulär ums Implantat und die Suche nach großen Höhenverlusten, sind diese Aufnahmen zur allgemeinen Beurteilung des Implantat-

erfolges absolut ausreichend und eine Aufnahmetechnik mit höherer Strahlenbelastung strahlenschutztechnisch auszuschließen. Ebenfalls muss genau definiert sein, wie die Differenz zwischen Implantatschulter und crestalem Knochen definiert wird: Stehen die Implantate anguliert, muss definiert sein, ob die Differenz zwischen Implantatschulter und crestalem Knochen senkrecht zum Verlauf des Kieferkammes oder in Implantatachse gemessen wird. In diesem Falle wurde entlang der Implantatachse gemessen, was aber zu großen Höhendifferenzen zwischen der mesialen und der distalen Implantatschulter führen kann und, sofern es nicht eindeutig definiert ist, einen Vergleich zwischen unterschiedlichen Studien erschwert.

Auch zu den zugrundeliegenden statistischen Verfahren müssen Einschränkungen erfolgen: Die Bonferroni-Korrektur gilt gemeinhin als relativ konservatives Verfahren. Das bedeutet, dass sich nach der Durchführung dieser Korrektur sehr viele, zuerst als signifikant gedeutete Ergebnisse, nachträglich als nicht signifikant herausstellen. Damit werden viele Ergebnisse, die in anderen Verfahren auf tatsächliche Unterschiede zwischen den Testgruppen zurückgeführt werden, nach Durchführung der Bonferroni-Korrektur eher auf Zufälle zurückgeführt.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit den mittelfristigen Ergebnissen der an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsmedizin Mainz inserierten BLX-Implantate der Firma Straumann. Zusätzlich zu den in Mainz inserierten Implantaten wurden noch weitere Implantate untersucht, die in einer Zahnarztpraxis in Bad Soden gesetzt wurden. Damit wurde das Spektrum der klinischen Indikationen um ein Patientenkollektiv des zahnärztlichen Alltags erweitert. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde ein Kollektiv von 187 Patienten untersucht, welchen insgesamt 412 Implantate gesetzt wurden. Untersucht wurden das Implantatüberleben und der mesiale und distale Knochenabbau um die Implantate herum in Bezug auf unterschiedliche patientenspezifische sowie chirurgische Parameter. Die Besonderheiten des Implantatsystems wurden mit Ergebnissen der Literatur verglichen und die Studienergebnisse in Zusammenhang mit dem aktuellen Stand der Forschung gestellt.

Das untersuchte Implantatsystem ist laut Herstellerangaben besonders für die Konzepte der Sofortimplantation in Kombination mit Sofortversorgungen geeignet, da es designbedingt eine gute Primärstabilität aufweist.

Insgesamt zeigt das Implantatsystem eine Überlebensrate von 94,2%. Diese Überlebensrate ist vergleichbar mit jener von Nack et al. von ebenfalls 94,2% in Bezug auf die Überlebensraten von SLActive-Implantaten bei bestrahlten Patienten im 12-Monats-Follow-Up (102). In anderen Studien wurde die Überlebensrate häufig in Bezug auf andere Einflussfaktoren wie Radiatio, Risikofaktoren oder Augmentationen betrachtet, weshalb die Überlebensraten nicht ungefiltert mit der in dieser Untersuchung ermittelten verglichen werden kann. Zudem sollte man beachten, dass es sich je nach Studie um unterschiedliche Nachbeobachtungszeiträume handelt und das Implantatüberleben mit steigendem Nachbeobachtungszeitraum prozentual sinkt. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache könnte man zu dem Schluss kommen, dass das BLX-Implantatsystem an der Universitätsmedizin Mainz und in der Praxis keine wesentlich schlechteren Ergebnisse aufweist (65, 86, 117, 118).

Auch unter unterschiedlichen Implantationsbedingungen zeigt das neue Implantatsystem keine Abweichungen zur bereits in der Literatur untersuchten Implantatsystemen. Bezogen auf das Alter und das Geschlecht der Patienten zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im Implantatüberleben, was sich auch in anderen Studienergebnissen niederschlägt (21). Das Vorhandensein von Risikofaktoren hat zwar einen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben, jedoch ist kein Risikofaktor allein als signifikanter Einfluss auf das Implantatüberleben auszumachen. Damit zeigen auch häufig zitierte Risikofaktoren wie eine Bestrahlung oder eine Bisphosphonateinnahme in diesem Fall keinen signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben. Aufgrund der kleinen Untersuchungsgruppe sind diese Aussagen jedoch nur eingeschränkt zu treffen. Dies deckt sich weitgehend mit anderen Studienergebnissen (65, 102, 117), sowie mit dem Ergebnis nach erfolgter Bonferroni-Korrektur, nach welcher kein signifikanter Unterschied im Implantatüberleben mehr vorliegt.

Auch die Implantatparameter selbst und auch die Implantationsregion im Kiefer zeigten in dieser Untersuchung keine signifikanten Unterschiede. Dies spricht dafür, dass das Implantatsystem seinem Versprechen, auch für weniger dichte Knochenklassen geeignet zu sein und auch bei kürzeren Implantatlängen und reduzierten Durchmessern eine zufriedenstellende Primärstabilität zu erreichen, nachkommen kann. Auch das deckt sich mit einigen Ergebnissen anderer Studien (85, 119). Ob man die signifikant höhere Verlustrate bei 5,5mm Durchmesser-Implantaten aufgrund der geringen Fallzahl (n = 2) bewerten sollte, sei dahingestellt.

Bei den chirurgischen Parametern war besonders der Einfluss der Antibiotikaeinnahme auch nach Durchführung der Bonferroni-Korrektur signifikant, auch wenn es keine statistisch signifikanten Zusammenhänge in Bezug auf das Präparat bzw. die Einnahmedauer des Antibiotikums gab. Dieser Zusammenhang deckt sich auch mit Studienergebnissen von Zhurakivska et al. und Romandini et. al. (108, 109). Betrachtet man eine Studie von Durand et al., muss jedoch auch der klinische Kontext sowie die Anamnese des Patienten betrachtet

werden, da in dieser Studie von 2021 bei gesunden Patienten und Verwendung von Platform-Switch-Implantaten kein signifikanter Unterschied in Bezug auf periimplantären Knochenverlust und Komplikationen zu verzeichnen war (110). Daher kann hier, trotz signifikantem Zusammenhang, keine eindeutige Kausalität benannt oder gar eine eindeutige Empfehlung getroffen werden.

Ein weiterer signifikanter Faktor war in dieser Untersuchung die Wahl des Operators bei Patienten ohne Risikofaktoren. Betrachtet man jedoch die Tatsache, dass es zu lediglich einem Ereignis bei einem Operator im Sinne eines Implantatverlustes kam, erscheint dieser Zusammenhang doch eher zufällig. Diesen Schluss untermauert auch die erfolgte Bonferroni-Korrektur.

In dieser Untersuchung zeigten sich beim einzeitigen Vorgehen in Bezug auf die Augmentationszeitpunkte signifikant geringere Verlustraten der Implantate als beim zweizeitigen Vorgehen oder bei nicht erfolgter Augmentation. Die Komplexität des Falles in Kombination mit der Vulnerabilität des Patienten wurde in dieser Untersuchung allerdings nicht betrachtet, ein Zusammenhang dieser Faktoren mit der Augmentation erscheint aber möglich.

Der Zusammenhang zwischen einem periimplantären Geschehen und einem Implantatverlust ist in der Literatur belegt (50) und zeigt sich auch in dieser Untersuchung als signifikanter Zusammenhang in Bezug auf das Implantatüberleben.

Zur Beurteilung des Implantatsystems wurde auch der radiologische Knochenabbau erfasst und ausgewertet. Der mittlere Knochenabbau über einen Beobachtungszeitraum von 39 Monaten liegt bei $-0,17\text{mm}$, der Median liegt dagegen bei $-0,005\text{mm}$ mit einer Standardabweichung von $0,5\text{mm}$. Dieser Wert ist im Vergleich zu Werten aus Studien von Behneke et al. oder Luongo et.al (115, 116) etwas niedriger, wobei diese Aussage aufgrund der geringen Stichprobengröße und des nicht-vergleichbaren Studiendesigns nur eingeschränkt zu werten ist. Eine definitive Aussage diesbezüglich würde weitere Untersuchungen unter Betrachtung verschiedener Ausgangssituationen notwendig machen.

Abschließend und in Anbetracht der zugrunde liegenden Literatur sei die vorsichtige Aussage getroffen, dass das BLX-Implantatsystem an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsmedizin Mainz sowie in der Praxis relativ gute Überlebensraten aufwies und ein Implantaterfolg im Sinne eines zufriedenstellenden Ergebnisses im Großteil der Patientenfälle zu verzeichnen war. Damit kann es für den Indikationsbereich, für den es entwickelt wurde, durchaus als Alternative zu anderen Implantatsystemen in Betracht gezogen werden.

7 Literaturverzeichnis

1. Dr. med. Reinhard Graul DmTB, Dr. Wolfram Knöfler. Über 20 Jahre Beobachtungen an 10.000 Implantaten. *Implantologie Journal* [Internet]. 2019 [cited 2025 09.01.2025]. Available from: <https://www.zwp-online.info/fachgebiete/implantologie/grundlagen/ueber-20-jahre-beobachtungen-an-10000-implantaten>.
2. Mehr als 1,3 Millionen verkaufte Implantate in Deutschland *quintessence publishing deutschland2024* [updated 15.11.2024; cited 2025 20.01.2025]. Available from: <https://www.quintessence-publishing.com/deu/de/news/nachrichten/wirtschaft/mehr-als-13-millionen-verkaufte-implantate-in-deutschland>.
3. 2024 [updated 18.11.2024; cited 2025 20.01.2025]. Available from: <https://www.zwp-online.info/zwpnews/wirtschaft-und-recht/businessnews/dentalimplantate-bleiben-ein-bedeutender-faktor-im-markt-fur-zahnersatz>.
4. Prof. Dr. Dr. Christian Walter PDDKS, Prof. Dr. Robert Nölken, Dr. Kawe Sagheb, PD. Dr. Dr. Eik Schiegnitz, PD Dr. Wentaschek. S2k- Leitlinie (Langfassung) Implantationszeitpunkte. In: Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn- M-uKD, Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK), editor.; 02.12.2022: AWMF online- Das Portal der wissenschaftlichen Medizin; 2022. p. 64.
5. Moraschini V, Poubel LA, Ferreira VF, Barboza Edos S. Evaluation of survival and success rates of dental implants reported in longitudinal studies with a follow-up period of at least 10 years: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2015;44(3):377-88.
6. Zanetti EM, Pascoletti G, Cali M, Bignardi C, Franceschini G. Clinical Assessment of Dental Implant Stability During Follow-Up: What Is Actually Measured, and Perspectives. *Biosensors (Basel)*. 2018;8(3).
7. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg*. 1981;10(6):387-416.
8. Norbert Schwenzer ME. *Zahnärztliche Chirurgie*. 4 ed. Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2009. 320 p.
9. Schmelzeisen RGN-CGR. *Einführung in die zahnärztliche Chirurgie und Implantologie- Für Studium und Beruf*. Dieselstraße 2, 50859 Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag Köln; 2010. 610 p.
10. Farré-Pagés N, Augé-Castro ML, Alaejos-Algarra F, Mareque-Bueno J, Ferrés-Padró E, Hernández-Alfaro F. Relation between bone density and primary implant stability. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011;16(1):e62-7.
11. van Steenberghe D, Jacobs R, Desnyder M, Maffei G, Quirynen M. The relative impact of local and endogenous patient-related factors on implant failure up to the abutment stage. *Clin Oral Implants Res*. 2002;13(6):617-22.
12. Bahat O. Brånemark system implants in the posterior maxilla: clinical study of 660 implants followed for 5 to 12 years. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000;15(5):646-53.
13. Abrahamsson I, Berglundh T, Linder E, Lang NP, Lindhe J. Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res*. 2004;15(4):381-92.
14. Universitätsmedizin Marburg DMT-M, Prof. Dr. Ulrich Lotzmann, Prof. Dr. Reiner Mengel. *Bewertung von Implantatversorgungen (Internet)*, ZWP online, Version 1, zitiert am 14.03.2024, URL: <https://www.zwp-online.info/fachgebiete/implantologie/grundlagen/bewertung-von-implantatversorgungen> 2011.
15. Albrektsson T, Wennerberg A. On osseointegration in relation to implant surfaces. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019;21 Suppl 1:4-7.

16. Smith DE, Zarb GA. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent.* 1989;62(5):567-72.
17. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Implants Res.* 1990;1(1):33-40.
18. W.Wagner RSRBGW. Erfolgskriterien in der Implantologie. *Mund Kiefer GesichtsChir* 2003. 2003;7:42-6.
19. Naert I, Quirynen M, van Steenberghe D, Darius P. A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. *J Prosthet Dent.* 1992;67(2):236-45.
20. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1986;1(1):11-25.
21. Snauwaert K, Duyck J, van Steenberghe D, Quirynen M, Naert I. Time dependent failure rate and marginal bone loss of implant supported prostheses: a 15-year follow-up study. *Clin Oral Investig.* 2000;4(1):13-20.
22. Neukam F. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK zur Lebenserwartung von Implantaten und Implantatlager. Erlangen2000.
23. Misch CE, Perel ML, Wang HL, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, et al. Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dent.* 2008;17(1):5-15.
24. Papaspyridakos P, Chen CJ, Singh M, Weber HP, Gallucci GO. Success criteria in implant dentistry: a systematic review. *J Dent Res.* 2012;91(3):242-8.
25. Donos N, Asche NV, Akbar AN, Francisco H, Gonzales O, Gotfredsen K, et al. Impact of timing of dental implant placement and loading: Summary and consensus statements of group 1-The 6th EAO Consensus Conference 2021. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32 Suppl 21:85-92.
26. Douglass GL, Merin RL. The immediate dental implant. *J Calif Dent Assoc.* 2002;30(5):362-5, 8-74.
27. Yu X, Teng F, Zhao A, Wu Y, Yu D. EFFECTS OF POST-EXTRACTION ALVEOLAR RIDGE PRESERVATION VERSUS IMMEDIATE IMPLANT PLACEMENT: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. *J Evid Based Dent Pract.* 2022;22(3):101734.
28. Buser D, Chappuis V, Belser UC, Chen S. Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? *Periodontol* 2000. 2017;73(1):84-102.
29. Bassir SH, El Kholy K, Chen CY, Lee KH, Intini G. Outcome of early dental implant placement versus other dental implant placement protocols: A systematic review and meta-analysis. *J Periodontol.* 2019;90(5):493-506.
30. Van der Weijden F, Dell'Acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *J Clin Periodontol.* 2009;36(12):1048-58.
31. Mareque S, Castelo-Baz P, López-Malla J, Blanco J, Nart J, Vallés C. Clinical and esthetic outcomes of immediate implant placement compared to alveolar ridge preservation: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2021;25(8):4735-48.
32. Sofortbelastung und Sofortversorgung2015 04.2016 [cited 2024 26.03.2024]; 3:[24-47 pp.]. Available from: https://www.dgoi.info/wp-content/uploads/2016/04/pip_3_2015-Sofortbelastung-und-Sofortversorgung.pdf.
33. David L. Cochran DM, Hans-Peter Weber, editor Consensus Statements and Recommended Clinical Procedures Regarding Loading Protocols for Endosseous Dental Implants. Third ITI Consensus Conference; 2004 2004.

34. Moraschini V, Porto Barboza E. Immediate versus conventional loaded single implants in the posterior mandible: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016;45(1):85-92.
35. Zhang S, Wang S, Song Y. Immediate loading for implant restoration compared with early or conventional loading: A meta-analysis. *J Craniomaxillofac Surg.* 2017;45(6):793-803.
36. Ding X, Zhu XH, Liao SH, Zhang XH, Chen H. Implant-bone interface stress distribution in immediately loaded implants of different diameters: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthodont.* 2009;18(5):393-402.
37. Strub JR, Jurdzik BA, Tuna T. Prognosis of immediately loaded implants and their restorations: a systematic literature review. *J Oral Rehabil.* 2012;39(9):704-17.
38. Grätz AKGCJKW. *Facharztwissen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.* Hiedelberg: Springer; 2013. 379 p.
39. Haugen HJ, Lyngstadaas SP, Rossi F, Perale G. Bone grafts: which is the ideal biomaterial? *J Clin Periodontol.* 2019;46 Suppl 21:92-102.
40. Bhatt RA, Rozental TD. Bone graft substitutes. *Hand Clin.* 2012;28(4):457-68.
41. Schroeder JE, Mosheiff R. Tissue engineering approaches for bone repair: concepts and evidence. *Injury.* 2011;42(6):609-13.
42. Dr Robert J. Miller M, DDS, FACD, DABOI. Vergleich von Knochenersatzmaterialien2017 [cited 2024 28.03.2024]. Available from: <https://www.zwp-online.info/fachgebiete/implantologie/gtr-und-gbr/vergleich-von-knochenersatzmaterialien>.
43. Knöfler W, Barth T, Graul R, Krampe D. Retrospective analysis of 10,000 implants from insertion up to 20 years-analysis of implantations using augmentative procedures. *Int J Implant Dent.* 2016;2(1):25.
44. Sanz-Sánchez I, Ortiz-Vigón A, Sanz-Martín I, Figuero E, Sanz M. Effectiveness of Lateral Bone Augmentation on the Alveolar Crest Dimension: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res.* 2015;94(9 Suppl):128s-42s.
45. Zhao R, Yang R, Cooper PR, Khurshid Z, Shavandi A, Ratnayake J. Bone Grafts and Substitutes in Dentistry: A Review of Current Trends and Developments. *Molecules.* 2021;26(10).
46. Mustapha AD, Salame Z, Chrcanovic BR. Smoking and Dental Implants: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina (Kaunas).* 2021;58(1).
47. Afshari Z, Yaghini J, Naseri R. LEVELS OF SMOKING AND PERI-IMPLANT MARGINAL BONE LOSS: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. *J Evid Based Dent Pract.* 2022;22(3):101721.
48. Naseri R, Yaghini J, Feizi A. Levels of smoking and dental implants failure: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol.* 2020;47(4):518-28.
49. Chen H, Liu N, Xu X, Qu X, Lu E. Smoking, radiotherapy, diabetes and osteoporosis as risk factors for dental implant failure: a meta-analysis. *PLoS One.* 2013;8(8):e71955.
50. Sgolastra F, Petrucci A, Severino M, Gatto R, Monaco A. Periodontitis, implant loss and peri-implantitis. A meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(4):e8-e16.
51. V. DGfPe. 14.09.2024
[Available from: <https://dgparo.de/gesund-im-mund/parodontitis/>].
52. Sousa V, Mardas N, Farias B, Petrie A, Needleman I, Spratt D, et al. A systematic review of implant outcomes in treated periodontitis patients. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(7):787-844.
53. Roccuzzo A, Imber JC, Marruganti C, Salvi GE, Ramieri G, Roccuzzo M. Clinical outcomes of dental implants in patients with and without history of periodontitis: A 20-year prospective study. *J Clin Periodontol.* 2022;49(12):1346-56.

54. Wang F, Song YL, Li DH, Li CX, Wang Y, Zhang N, et al. Type 2 diabetes mellitus impairs bone healing of dental implants in GK rats. *Diabetes Res Clin Pract.* 2010;88(1):e7-9.
55. Sonja Güthoff PH, Theodor Klotz, Lisa Link, Doris Oberle, Stefanie Ophoven, Torben Pottgießer, Marco Schupp, Andrea Vogel, Abarmard Maziar Zafari, Isabell Dützmann, Stephan Dützmann. *Das Mündliche Examen- Innere Medizin und Chirurgie: Elviesier- Urban & Fischer;* 2019.
56. von Wilmsowky C, Schlegel KA, Baran C, Nkenke E, Neukam FW, Moest T. Peri-implant defect regeneration in the diabetic pig: A preclinical study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016;44(7):827-34.
57. Cabrera-Domínguez JJ, Castellanos-Cosano L, Torres-Lagares D, Pérez-Fierro M, Machuca-Portillo G. Clinical performance of titanium-zirconium implants with a hydrophilic surface in patients with controlled type 2 diabetes mellitus: 2-year results from a prospective case-control clinical study. *Clin Oral Investig.* 2020;24(7):2477-86.
58. Devlin H, Garland H, Sloan P. Healing of tooth extraction sockets in experimental diabetes mellitus. *J Oral Maxillofac Surg.* 1996;54(9):1087-91.
59. Lee RSB, Hamlet SM, Ivanovski S. The influence of titanium surface characteristics on macrophage phenotype polarization during osseous healing in type I diabetic rats: a pilot study. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(10):e159-e68.
60. Gómez-de Diego R, Mang-de la Rosa Mdel R, Romero-Pérez MJ, Cutando-Soriano A, López-Valverde-Centeno A. Indications and contraindications of dental implants in medically compromised patients: update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2014;19(5):e483-9.
61. Walter C, Al-Nawas B, Wolff T, Schiegnitz E, Grötz KA. Dental implants in patients treated with antiresorptive medication - a systematic literature review. *Int J Implant Dent.* 2016;2(1):9.
62. Chappuis V, Avila-Ortiz G, Araújo MG, Monje A. Medication-related dental implant failure: Systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29 Suppl 16:55-68.
63. Grötz KA, al-Nawas B, Piepkorn B, Reichert TE, Duschner H, Wagner W. [Micromorphological findings in jaw bone after radiotherapy. Confocal laser scanning microscopy and fluorescence darkfield microscopy studies]. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 1999;3(3):140-5.
64. Chambrone L, Mandia J, Jr., Shibli JA, Romito GA, Abrahao M. Dental implants installed in irradiated jaws: a systematic review. *J Dent Res.* 2013;92(12 Suppl):119s-30s.
65. Schiegnitz E, Müller LK, Sagheb K, Theis L, Cagiran V, Kämmerer PW, et al. Clinical long-term and patient-reported outcomes of dental implants in oral cancer patients. *Int J Implant Dent.* 2021;7(1):93.
66. Shugaa-Addin B, Al-Shamiri HM, Al-Maweri S, Tarakji B. The effect of radiotherapy on survival of dental implants in head and neck cancer patients. *J Clin Exp Dent.* 2016;8(2):e194-200.
67. Heberer S, Kilic S, Hossamo J, Raguse JD, Nelson K. Rehabilitation of irradiated patients with modified and conventional sandblasted acid-etched implants: preliminary results of a split-mouth study. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(5):546-51.
68. Buser D, Urban I, Monje A, Kunrath MF, Dahlin C. Guided bone regeneration in implant dentistry: Basic principle, progress over 35 years, and recent research activities. *Periodontol* 2000. 2023;93(1):9-25.
69. Chatelet M, Afota F, Savoldelli C. Review of bone graft and implant survival rate : A comparison between autogenous bone block versus guided bone regeneration. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2022;123(2):222-7.
70. Schenk RK, Buser D, Hardwick WR, Dahlin C. Healing pattern of bone regeneration in membrane-protected defects: a histologic study in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994;9(1):13-29.

71. Wessing B, Lettner S, Zechner W. Guided Bone Regeneration with Collagen Membranes and Particulate Graft Materials: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33(1):87-100.
72. Cho-Lee GY, Naval-Gias L, Castrejon-Castrejon S, Capote-Moreno AL, Gonzalez-Garcia R, Sastre-Perez J, et al. A 12-year retrospective analytic study of the implant survival rate in 177 consecutive maxillary sinus augmentation procedures. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010;25(5):1019-27.
73. Fugazzotto PA, De Paoli S. Sinus Floor Augmentation on at the Time of Maxillary Molar Extraction: Success and Failure Rates of 137 Implants in Function for Up to 3 Years. *J Periodontol*. 2002;73(1):39-44.
74. Schwartz-Arad D, Herzberg R, Dolev E. The prevalence of surgical complications of the sinus graft procedure and their impact on implant survival. *J Periodontol*. 2004;75(4):511-6.
75. Tetsch J, Tetsch P, Lysek DA. Long-term results after lateral and osteotome technique sinus floor elevation: a retrospective analysis of 2190 implants over a time period of 15 years. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(5):497-503.
76. Esposito M, Grusovin MG, Rees J, Karasoulos D, Felice P, Alissa R, et al. Interventions for replacing missing teeth: augmentation procedures of the maxillary sinus. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010(3):Cd008397.
77. Iyer S, Weiss C, Mehta A. Effects of drill speed on heat production and the rate and quality of bone formation in dental implant osteotomies. Part I: Relationship between drill speed and heat production. *Int J Prosthodont*. 1997;10(5):411-4.
78. Albrektsson T, Eriksson A. Thermally induced bone necrosis in rabbits: relation to implant failure in humans. *Clin Orthop Relat Res*. 1985(195):311-2.
79. Eriksson RA, Albrektsson T. The effect of heat on bone regeneration: an experimental study in the rabbit using the bone growth chamber. *J Oral Maxillofac Surg*. 1984;42(11):705-11.
80. Mishra SK, Chowdhary R. Heat generated by dental implant drills during osteotomy-a review: heat generated by dental implant drills. *J Indian Prosthodont Soc*. 2014;14(2):131-43.
81. Müller F, Al-Nawas B, Storelli S, Quirynen M, Hicklin S, Castro-laza, et al. 10-Year Outcome of Small-Diameter Implants Supporting Mandibular Overdentures2023 21.06.2023 [cited 2024 21.03.2024]. Available from: <https://iadr.abstractarchives.com/abstract/23iags-3913866/10-year-outcome-of-small-diameter-implants-supporting-mandibular-overdentures>.
82. Gottlow J, Dard M, Kjellson F, Obrecht M, Sennerby L. Evaluation of a new titanium-zirconium dental implant: a biomechanical and histological comparative study in the mini pig. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;14(4):538-45.
83. Wen B, Zhu F, Li Z, Zhang P, Lin X, Dard M. The osseointegration behavior of titanium-zirconium implants in ovariectomized rabbits. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(7):819-25.
84. Medvedev AE, Molotnikov A, Lapovok R, Zeller R, Berner S, Habersetzer P, et al. Microstructure and mechanical properties of Ti-15Zr alloy used as dental implant material. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2016;62:384-98.
85. Ioannidis A, Gallucci GO, Jung RE, Borzangy S, Hämmerle CH, Benic GI. Titanium-zirconium narrow-diameter versus titanium regular-diameter implants for anterior and premolar single crowns: 3-year results of a randomized controlled clinical study. *J Clin Periodontol*. 2015;42(11):1060-70.
86. Al-Nawas B, Domagala P, Fragola G, Freiburger P, Ortiz-Vigón A, Rousseau P, et al. A Prospective Noninterventional Study to Evaluate Survival and Success of Reduced Diameter Implants Made From Titanium-Zirconium Alloy. *J Oral Implantol*. 2015;41(4):e118-25.
87. Altuna P, Lucas-Taulé E, Gargallo-Albiol J, Figueras-Álvarez O, Hernández-Alfaro F, Nart J. Clinical evidence on titanium-zirconium dental implants: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2016;45(7):842-50.

88. AG IS. Straumann Roxolid: Institut Straumann AG; [22.03.2024]. W-ST-00749/A 08/23]. Available from: <https://www.straumann.com/de/de/discover/roxolid-strength.html>.
89. Hotchkiss KM, Ayad NB, Hyzy SL, Boyan BD, Olivares-Navarrete R. Dental implant surface chemistry and energy alter macrophage activation in vitro. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(4):414-23.
90. Buser D, Schenk RK, Steinemann S, Fiorellini JP, Fox CH, Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res.* 1991;25(7):889-902.
91. Rupp F, Scheideler L, Olshanska N, de Wild M, Wieland M, Geis-Gerstorfer J. Enhancing surface free energy and hydrophilicity through chemical modification of microstructured titanium implant surfaces. *J Biomed Mater Res A.* 2006;76(2):323-34.
92. Stavropoulos A, Sandgren R, Bellon B, Sculean A, Pippenger BE. Greater Osseointegration Potential with Nanostructured Surfaces on TiZr: Accelerated vs. Real-Time Ageing. *Materials (Basel).* 2021;14(7).
93. Lang NP, Salvi GE, Huynh-Ba G, Ivanovski S, Donos N, Bosshardt DD. Early osseointegration to hydrophilic and hydrophobic implant surfaces in humans. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(4):349-56.
94. Oates TW, Valderrama P, Bischof M, Nedir R, Jones A, Simpson J, et al. Enhanced implant stability with a chemically modified SLA surface: a randomized pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007;22(5):755-60.
95. Wennerberg A, Jimbo R, Stübinger S, Obrecht M, Dard M, Berner S. Nanostructures and hydrophilicity influence osseointegration: a biomechanical study in the rabbit tibia. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(9):1041-50.
96. Schwarz F, Sager M, Ferrari D, Herten M, Wieland M, Becker J. Bone regeneration in dehiscence-type defects at non-submerged and submerged chemically modified (SLActive) and conventional SLA titanium implants: an immunohistochemical study in dogs. *J Clin Periodontol.* 2008;35(1):64-75.
97. Rausch-fan X, Qu Z, Wieland M, Matejka M, Schedle A. Differentiation and cytokine synthesis of human alveolar osteoblasts compared to osteoblast-like cells (MG63) in response to titanium surfaces. *Dent Mater.* 2008;24(1):102-10.
98. Hotchkiss KM, Sowers KT, Olivares-Navarrete R. Novel in vitro comparative model of osteogenic and inflammatory cell response to dental implants. *Dent Mater.* 2019;35(1):176-84.
99. Straumann. STRAUMANN® SLACTIVE®: Institut Straumann AG; [Available from: <https://www.straumann.com/de/de/discover/slactive.html>].
100. Nicolau P, Guerra F, Reis R, Krafft T, Benz K, Jackowski J. 10-year outcomes with immediate and early loaded implants with a chemically modified SLA surface. *Quintessence Int.* 2019;50(2):114-24.
101. Nelson K, Stricker A, Raguse JD, Nahles S. Rehabilitation of irradiated patients with chemically modified and conventional SLA implants: a clinical clarification. *J Oral Rehabil.* 2016;43(11):871-2.
102. Nack C, Raguse JD, Stricker A, Nelson K, Nahles S. Rehabilitation of irradiated patients with chemically modified and conventional SLA implants: five-year follow-up. *J Oral Rehabil.* 2015;42(1):57-64.
103. Schulze PDR. Lehrbuch zahnärztliches Röntgen: Grundlagen, Technik, Anwendung - Hintergrundinformationen-. Johannes Gutenberg- Universität Mainz2019 2019.
104. Walter C, Sagheb K, Bitzer J, Rahimi-Nedjat R, Taylor KJ. Analysis of reasons for osteonecrosis of the jaws. *Clin Oral Investig.* 2014;18(9):2221-6.
105. Lee SA, Lee CT, Fu MM, Elmisalati W, Chuang SK. Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials for the management of limited vertical height in the posterior

- region: short implants (5 to 8 mm) vs longer implants (> 8 mm) in vertically augmented sites. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29(5):1085-97.
106. Renouard F, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res*. 2006;17 Suppl 2:35-51.
107. Sendyk DI, Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A, Zindel Deboni MC. Does Surgical Experience Influence Implant Survival Rate? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Prosthodont*. 2017;30(30):341-7.
108. Romandini M, De Tullio I, Congedi F, Kalemaj Z, D'Ambrosio M, Laforí A, et al. Antibiotic prophylaxis at dental implant placement: Which is the best protocol? A systematic review and network meta-analysis. *J Clin Periodontol*. 2019;46(3):382-95.
109. Zhurakivska K, Russo LL, Muzio LL, Caponio VCA, Laino L, Arena C, et al. Antibiotic prophylaxis at the time of dental implant placement: a cost-effectiveness analysis. *BMC Health Serv Res*. 2022;22(1):1073.
110. Durand R, Kersheh I, Marcotte S, Boudrias P, Schmittbuhl M, Cresson T, et al. Do postoperative antibiotics influence one-year peri-implant crestal bone remodelling and morbidity? A double-blinded randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2021;32(11):1318-27.
111. Dioguardi M, Spirito F, Quarta C, Sovereto D, Basile E, Ballini A, et al. Guided Dental Implant Surgery: Systematic Review. *J Clin Med*. 2023;12(4).
112. Frakturheilung DocCheck Flexikon [cited 2024 20.09.2024]. Available from: <https://flexikon.doccheck.com/de/Frakturheilung>.
113. Carra MC, Blanc-Sylvestre N, Courtet A, Bouchard P. Primordial and primary prevention of peri-implant diseases: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. 2023;50 Suppl 26:77-112.
114. Tomasi C, Derks J. Etiology, occurrence, and consequences of implant loss. *Periodontol 2000*. 2022;88(1):13-35.
115. Behneke A, Behneke N, d'Hoedt B. The longitudinal clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in partially edentulous patients: a 5-year follow-up report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000;15(5):633-45.
116. Luongo G, Lenzi C, Raes F, Eccellente T, Ortolani M, Mangano C. Immediate functional loading of single implants: a 1-year interim report of a 5-year prospective multicentre study. *Eur J Oral Implantol*. 2014;7(2):187-99.
117. Schmitt CM, Buchbender M, Lutz R, Neukam FW. Oral implant survival in patients with bisphosphonate (BP)/antiresorptive and radiation therapy and their impact on osteonecrosis of the jaws. A systematic review. *Eur J Oral Implantol*. 2018;11 Suppl 1:S93-s111.
118. Graziani F, Chappuis V, Molina A, Lazarin R, Schmid E, Chen S, et al. Effectiveness and clinical performance of early implant placement for the replacement of single teeth in anterior areas: A systematic review. *J Clin Periodontol*. 2019;46 Suppl 21:242-56.
119. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M, Corsi E, Anello T. Titanium-zirconium alloy narrow-diameter implants (Straumann Roxolid®) for the rehabilitation of horizontally deficient edentulous ridges: prospective study on 18 consecutive patients. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(10):1136-41.

8 Anhang

8.1 Tabellen zum Patientenkollektiv

8.1.1 Geschlecht

		Geschlecht			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Weiblich	98	23,8	52,4	52,4
	Männlich	89	21,6	47,6	100,0
	Gesamt	187	45,4	100,0	
Fehlend	System	225	54,6		
Gesamt		412	100,0		

Tabelle 31: Häufigkeitstabelle der Geschlechterverteilung

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Geschlecht	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Weiblich	98	5	93	94.9%
Männlich	89	6	83	93.3%
Gesamt	187	11	176	94.1%

Tabelle 32: Häufigkeitstabelle des Implantatverlustes in Bezug auf das Geschlecht

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	.245	1	.620

Tabelle 33: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Geschlecht

8.1.2 Alter

Statistiken

Alter in der Gesamtpopulation

N	Gültig	187
	Fehlend	225
Mittelwert	57,51	
Std.-Abweichung	15,610	
Minimum	17	
Maximum	85	

Tabelle 34: Statistik des Log-Rank-Tests zu Alter und Implantatverlust

Alter

		Mittelwert	Standardabweichung	Maximum	Minimum
Geschlecht	Weiblich	59	15	85	17
	Männlich	56	16	84	20

Tabelle 35: Altersverteilung nach Geschlecht

8.2 Vorhandensein von Risikofaktoren

8.2.1 Implantatüberleben in Bezug auf das Vorhandensein von Risikofaktoren

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	6.410	1	.011

Tabelle 36: Log-Rank-Tabelle zum Gesamtüberleben der Implantate in Abhängigkeit vom Vorhandensein von Risikofaktoren

Mittelwerte und Mediane für die Überlebenszeit

Mittelwert ^a				Median			
Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall		Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
		Untergrenze	Obergrenze			Untergrenze	Obergrenze
36.725	.450	35.844	37.607

a. Die Schätzung ist auf die längste Überlebenszeit begrenzt, wenn sie zensiert ist.

Tabelle 37: Mittelwerte und Mediane der generellen Überlebenszeit

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
		N	Prozent
412	24	388	94.2%

Tabelle 38: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum generellen Implantaterfolg

Vorhandensein von Risikofaktoren

Gültig		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
		Ja	259	62.9	62.9
nein		153	37.1	37.1	100.0
Gesamt		412	100.0	100.0	

Tabelle 39: Häufigkeitstabelle zum Vorhandensein von Risikofaktoren

8.2.2 Tumorpatienten

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Tumorpatient	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Ja	32	3	29	90.6%
Nein	352	21	331	94.0%
Ja, aber kein HNC-Patient	28	0	28	100.0%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 40: Häufigkeitsverteilung von Tumorpatienten

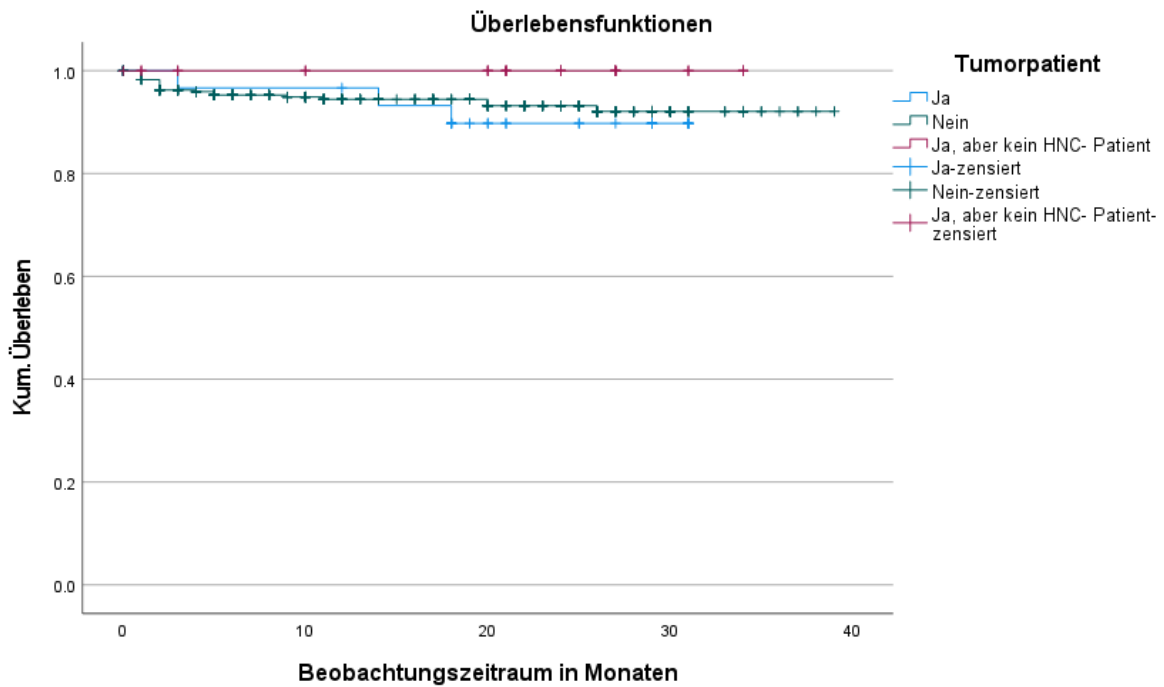


Abbildung 27: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens bei Tumorpatienten

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	2.231	2	.328

Tabelle 41: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Tumorpatient

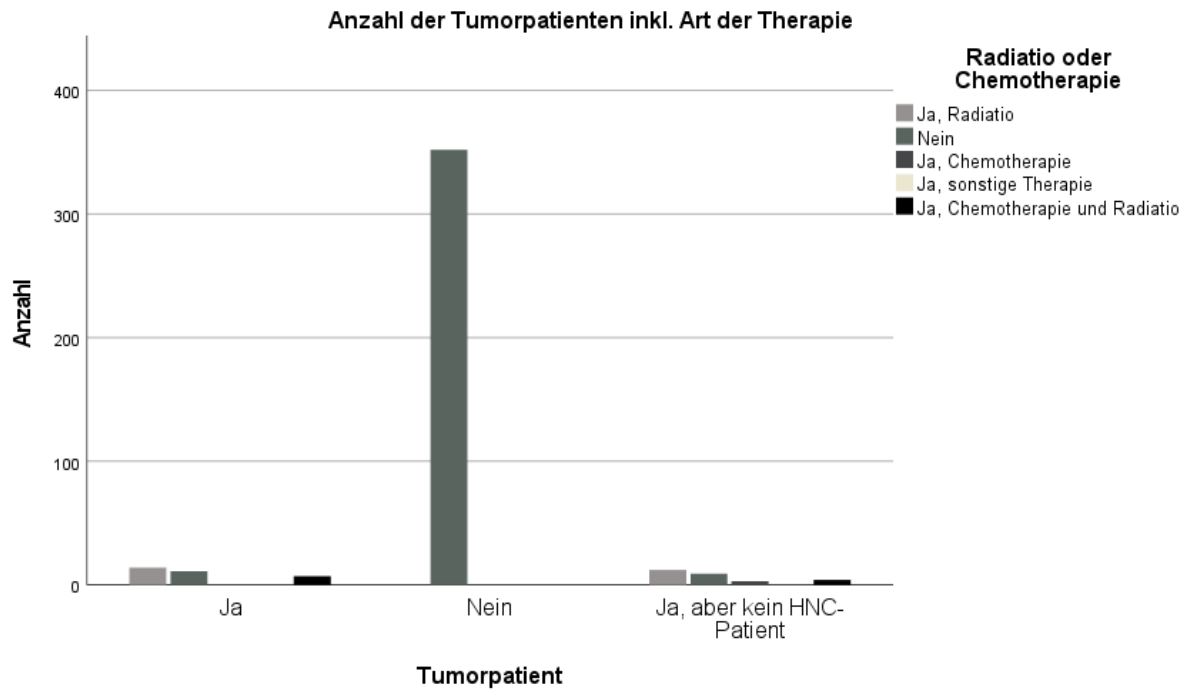


Abbildung 28: Balkendiagramm zur Verteilung der Patienten auf Tumorpatienten inkl. Art der Therapie

8.2.3 Radiatio oder Chemotherapie

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Radiatio oder Chemotherapie	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Ja, Radiatio	26	1	25	96.2%
Nein	372	23	349	93.8%
Ja, Chemotherapie	3	0	3	100.0%
Ja, Chemotherapie und Radiatio	11	0	11	100.0%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 42: Verteilung der Tumor-Therapiearten

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.218	3	.749

Tabelle 43: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Radiatio oder Chemotherapie

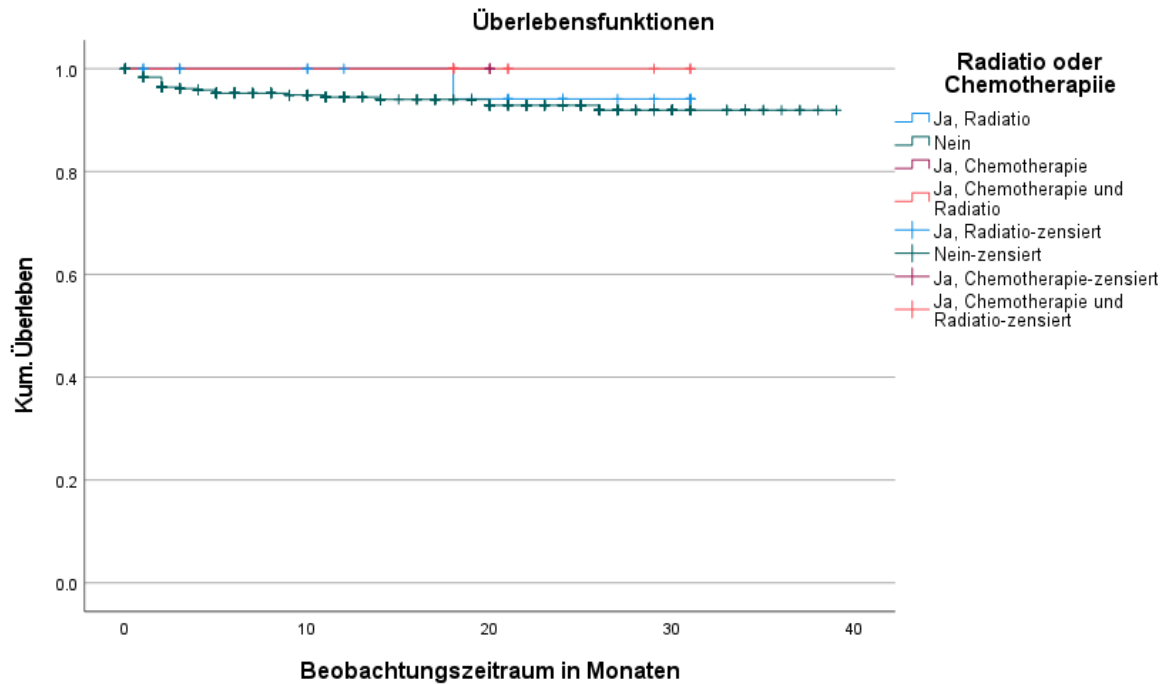


Abbildung 29: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Behandlung mit Radiatio oder Chemotherapie

8.2.4 Rauchen

		Raucher		Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
		Häufigkeit	Prozent		
Gültig	Ja	36	8.7	8.7	8.7
	nein	376	91.3	91.3	100.0
	Gesamt	412	100.0	100.0	

Tabelle 44: Häufigkeitstabelle Raucher

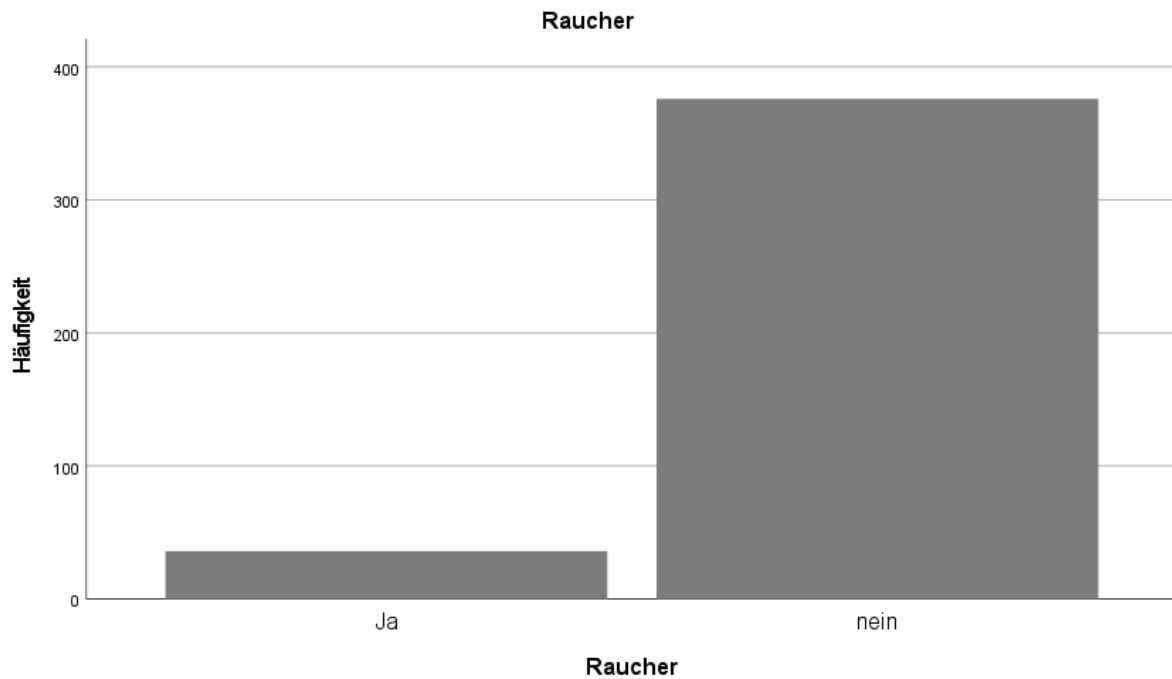


Abbildung 30: Balkendiagramm zur Verteilung des Patientenkollektivs in Bezug auf den Faktor Rauchen

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Raucher	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Ja	12	1	11	91.7%
nein	175	10	165	94.3%
Gesamt	187	11	176	94.1%

Tabelle 45: Implantatverlust in Bezug auf Rauchen

Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von „Raucher“:

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat
Log Rank (Mantel-Cox)	.073

Tabelle 46: Log-Rank-Test in Bezug auf Implantatüberleben und Rauchen

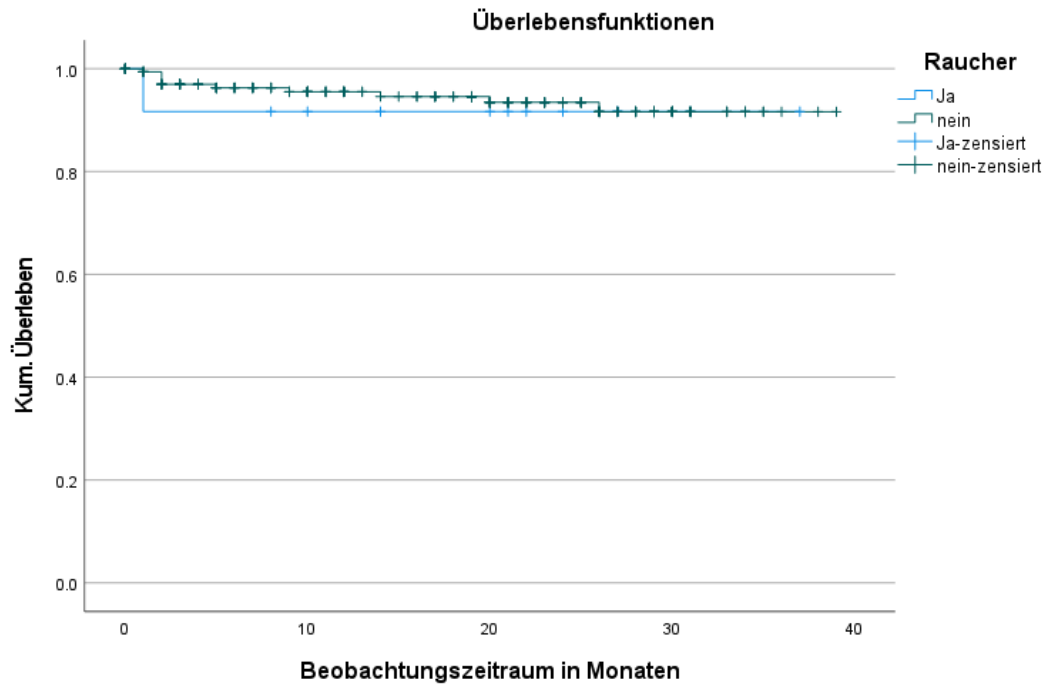


Abbildung 31: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf den Faktor Rauchen

8.2.5 Diabetes Mellitus

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Diabetiker	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Ja	84	8	76	90.5%
nein	103	3	100	97.1%
Gesamt	187	11	176	94.1%

Tabelle 47: Häufigkeitsverteilung von Implantatverlusten in Bezug auf das Implantatüberleben

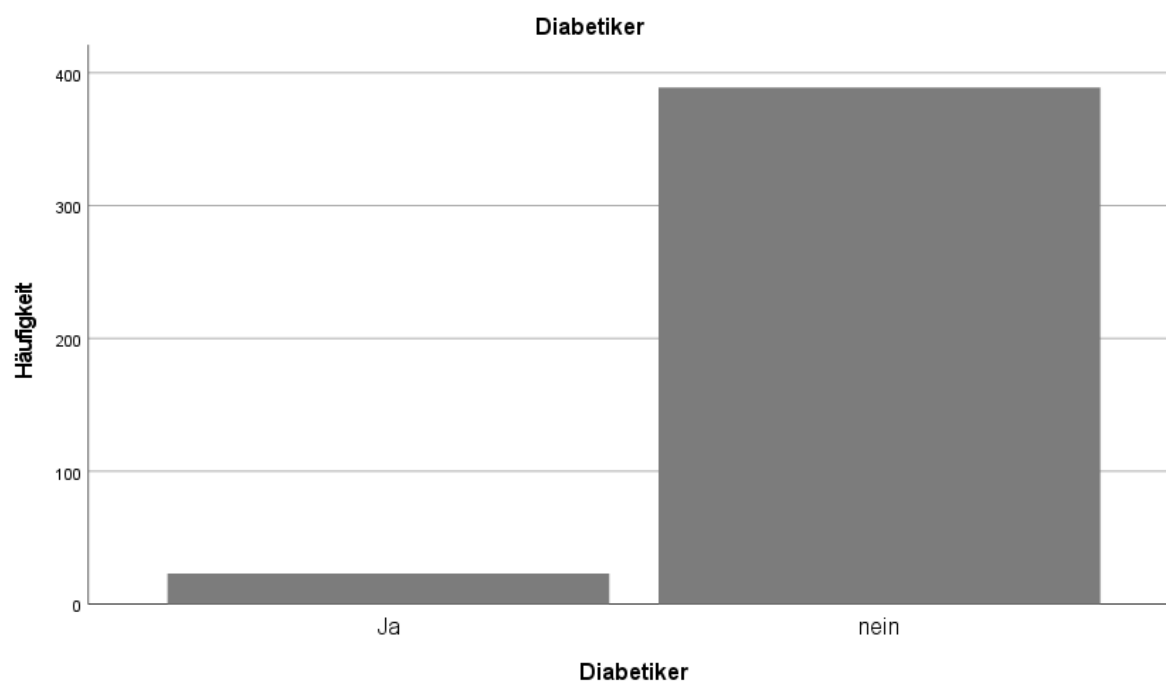


Abbildung 32: Balkendiagramm zur Häufigkeit von Diabetes im Patientenkollektiv

Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von „Diabetiker“:

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	3.111	1	.078

Tabelle 48: Log-Rank-Test zum Implantatüberleben bei Diabetikern

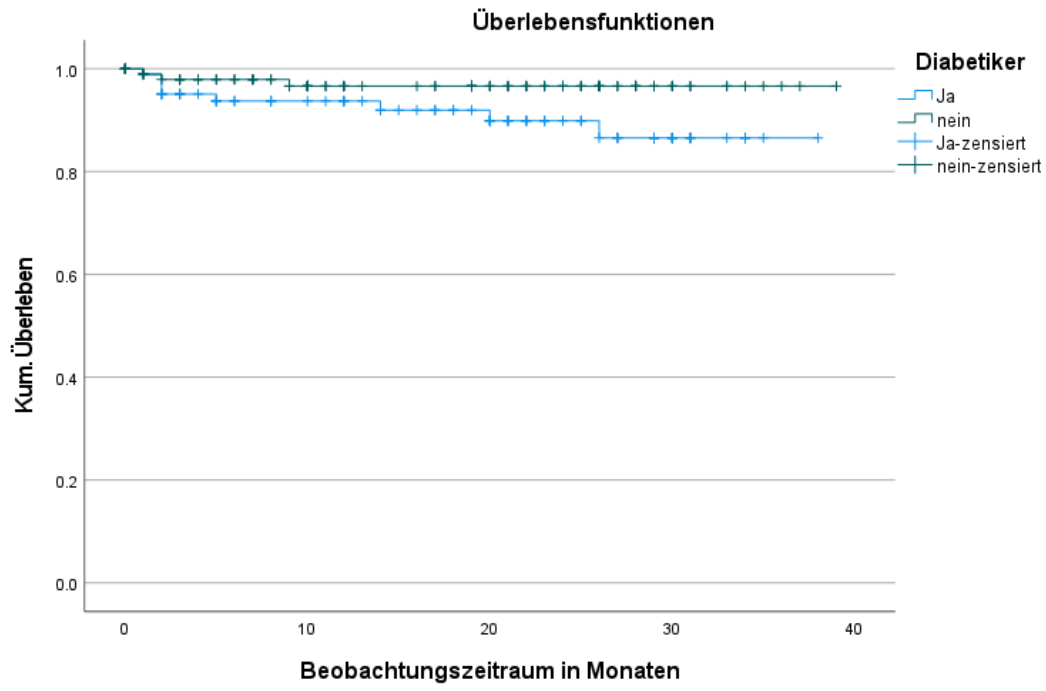


Abbildung 33: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben bei Diabetikern

8.2.6 Parodontitis

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Parodontitispatient	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Ja	10	2	8	80.0%
nein	177	9	168	94.9%
Gesamt	187	11	176	94.1%

Tabelle 49: Häufigkeitstabelle zum Implantatüberleben in Bezug auf Parodontitis

Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von „Parodontitispatient“:

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	2.848	1	.091

Tabelle 50: Log-Rank-Test in Bezug auf das Implantatüberleben bei vorhandener Parodontitis

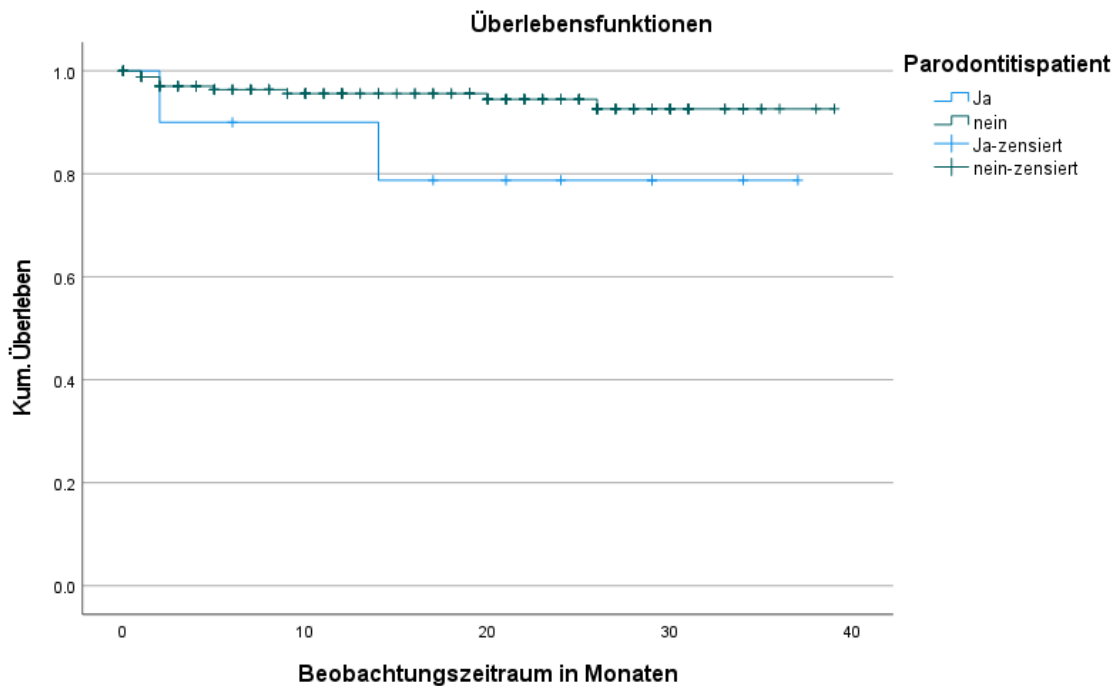


Abbildung 34: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens bei Parodontitispatienten

8.2.7 Einnahme von Bisphosphonaten

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Einnahme von Bisphosphonaten	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Ja	77	7	70	90.9%
nein	110	4	106	96.4%
Gesamt	187	11	176	94.1%

Tabelle 51: Implantatüberleben in Bezug auf die Einnahme von Bisphosphonaten

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.355	1	.244

Tabelle 52: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Einnahme von Bisphosphonaten

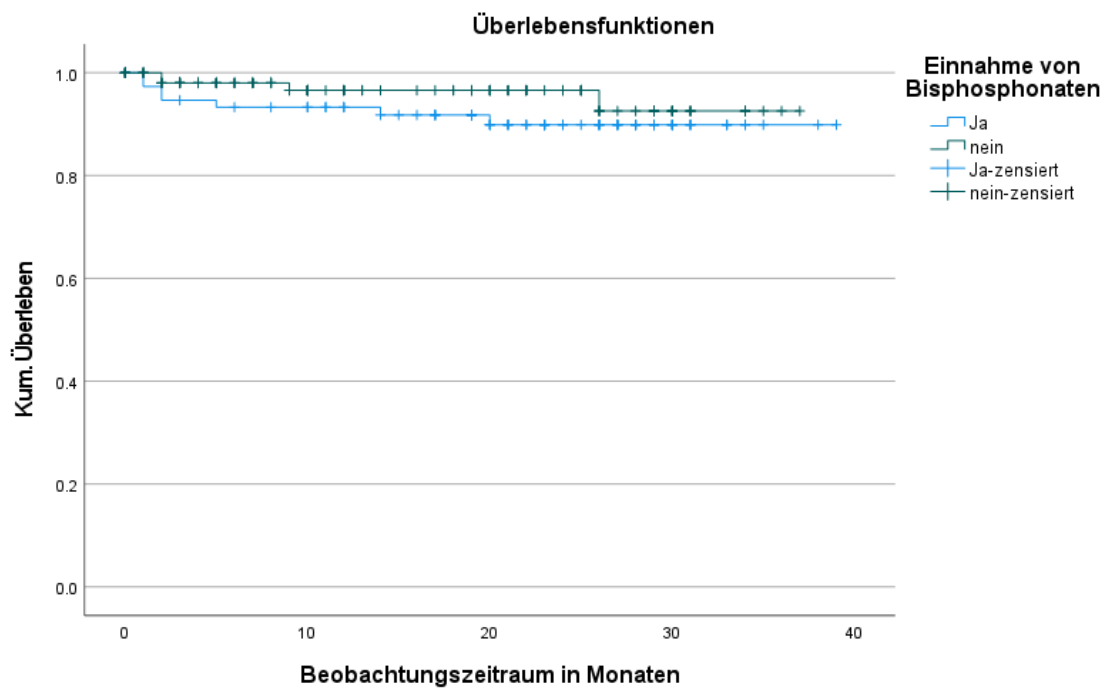


Abbildung 35: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Einnahme von Bisphosphonaten

8.2.8 Medikamenteneinnahme

Medikamenteneinnahme

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	>3 Medikamente	144	35.0	35.0	35.0
	< 3 Medikamente	268	65.0	65.0	100.0
	Gesamt	412	100.0	100.0	

Tabelle 53: Häufigkeitsverteilung über den Risikofaktor der Medikamenteneinnahme

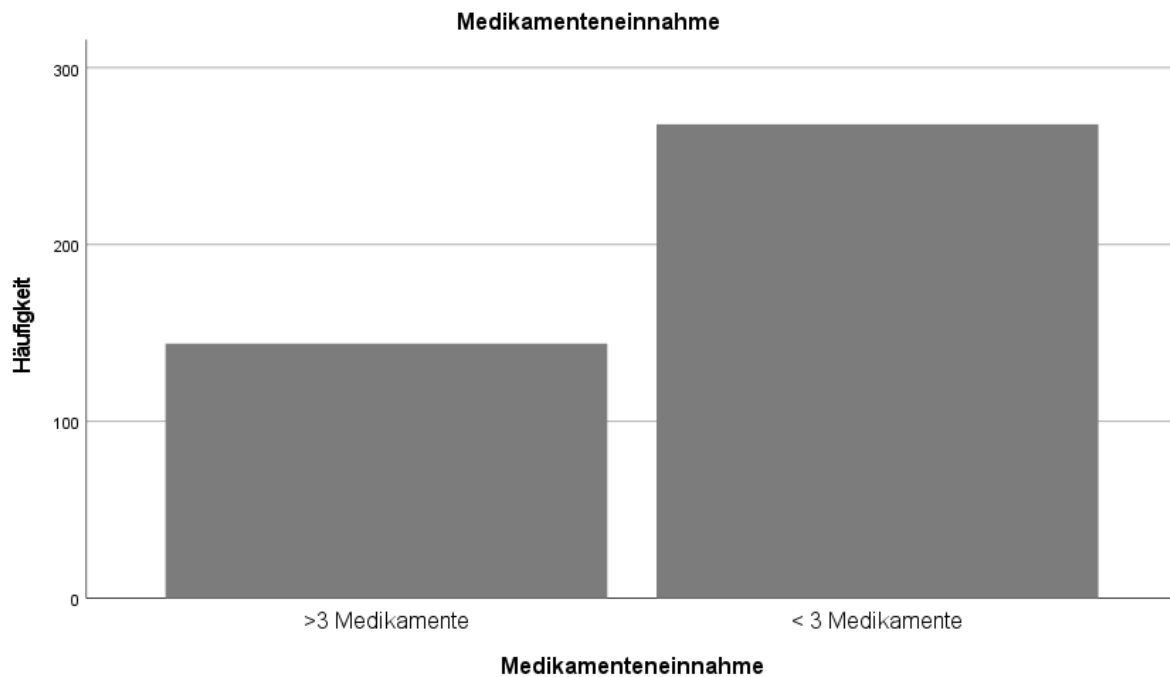


Abbildung 36: Balkendiagramm zur Verteilung des Patientenkollektivs auf die Einnahme von Medikamenten

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Medikamenteneinnahme	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
>3 Medikamente	4	1	3	75.0%
< 3 Medikamente	183	10	173	94.5%
Gesamt	187	11	176	94.1%

Tabelle 54: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Risikofaktor der Medikamenteneinnahme

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	2.806	1	.094

Tabelle 55: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Medikamenteneinnahme

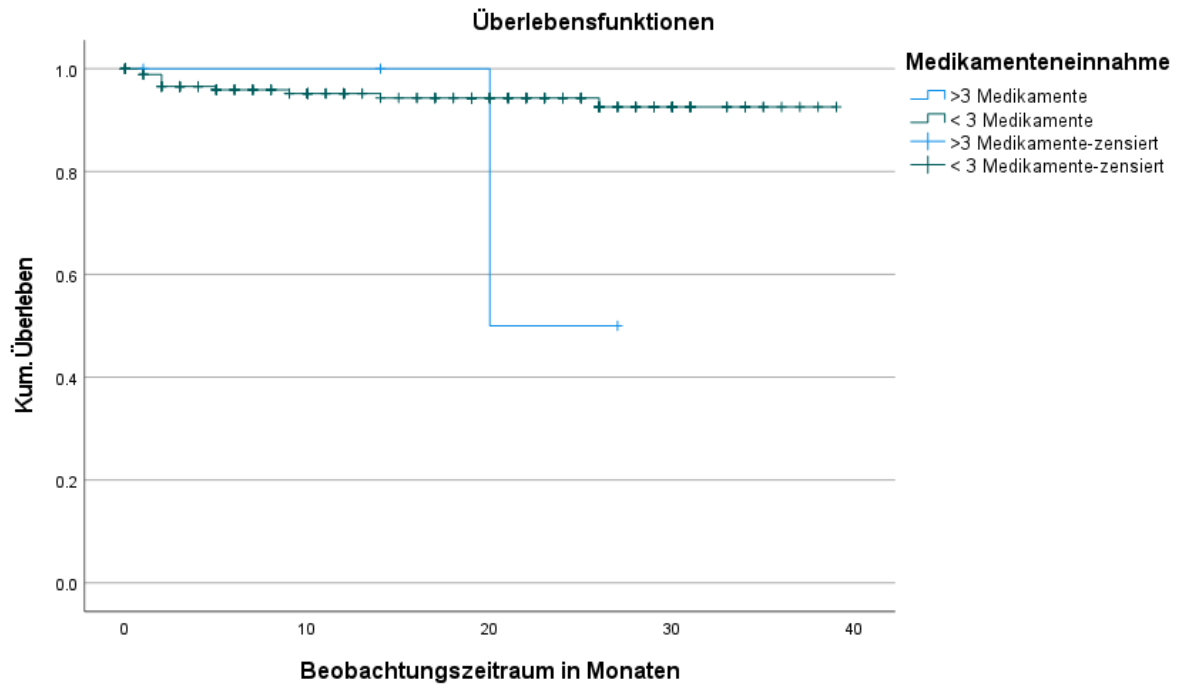


Abbildung 37: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die Einnahme von mehr oder weniger als drei Medikamenten

8.3 Implantatparameter

8.3.1 Implantationszeitpunkt

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	2.265	2	.322

Tabelle 56: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantationszeitpunkt.

8.3.2 Versorgungszeitpunkt

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Versorgungszeitpunkt	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Sofortversorgung	41	1	40	97.6%
Spätversorgung	364	23	341	93.7%
Frühversorgung	7	0	7	100.0%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 57: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Versorgungszeitpunkt

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.363	2	.506

Tabelle 58: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Versorgungszeitpunkt

8.3.3 Vergleich Ober- vs. Unterkiefer und Front- vs. Seitenzahnbereich

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Implantation im Ober- oder Unterkiefer	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
OK	274	13	261	95.3%
UK	138	11	127	92.0%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 59: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Vergleich von Ober- und Unterkiefer

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.687	1	.194

Tabelle 60: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantation im Ober- oder Unterkiefer

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Implantat im Front- oder Seitenzahnbereich	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Front	141	8	133	94.3%
Seitenzahn	271	16	255	94.1%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 61: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Vergleich von Front- und Seitenzahnbereich

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	.016	1	.899

Tabelle 62: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantat im Front- oder Seitenzahnbereich

8.3.4 Kategorisierte Implantatdurchmesser

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Implantatdurchmesser	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
3,5mm	34	2	32	94.1%
3,75mm	237	9	228	96.2%
>3,75mm	141	13	128	90.8%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 63: Zusammenfassung der Fallverarbeitung der kategorisierten Implantatdurchmesser

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	3.976	2	.137

Tabelle 64: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantatdurchmesser

8.3.5 Implantatdurchmesser

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Implantatdurchmesser	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
3.50	34	2	32	94.1%
3.75	236	9	227	96.2%
4.00	32	6	26	81.3%
4.50	108	7	101	93.5%
5.50	2	0	2	100.0%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 65: Zusammenfassung der Fallverarbeitung der Implantatdurchmesser

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	12.036	4	.017

Tabelle 66: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantatdurchmesser

8.3.6 Kategorisierte Implantatlänge

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Kategorisierte Implantatlänge	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
6mm	61	5	56	91.8%
8-10mm	249	18	231	92.8%
>10mm	102	1	101	99.0%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 67: Zusammenfassung der Fallverarbeitung der kategorisierten Implantatlänge

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	5.491	2	.064

Tabelle 68: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Kategorisierte Implantatlänge

8.3.7 Implantatlänge

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Implantatlänge	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
6	61	5	56	91.8%
8	126	8	118	93.7%
10	125	10	115	92.0%
12	64	1	63	98.4%
14	32	0	32	100.0%
16	4	0	4	100.0%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 69: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Implantatlänge

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	5.820	5	.324

Tabelle 70: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Implantatlänge

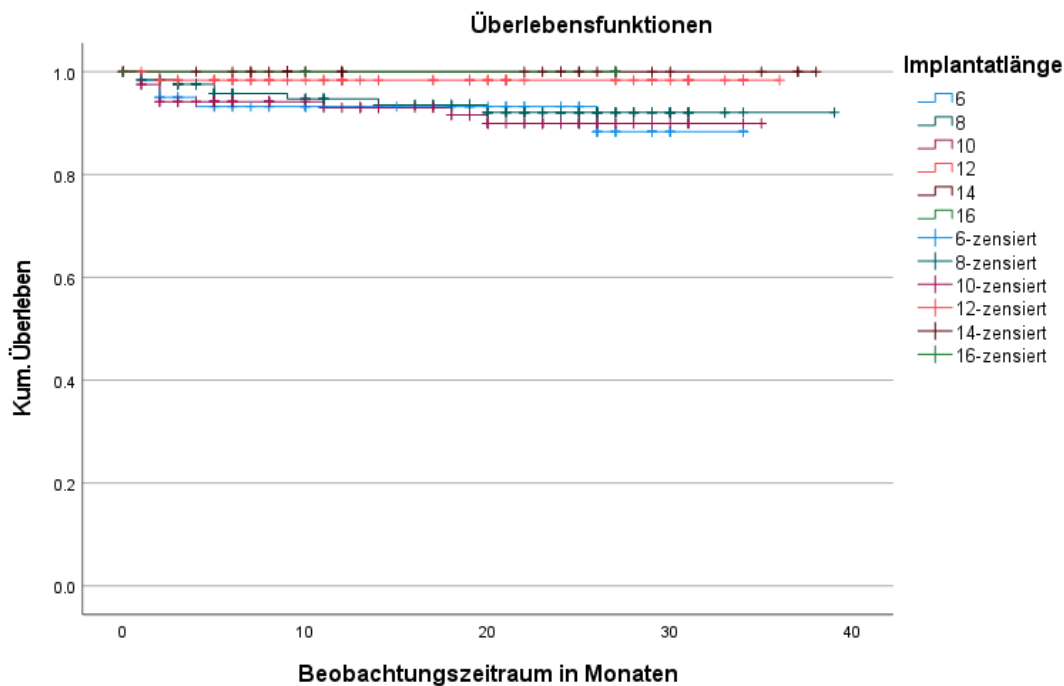


Abbildung 38: Kaplan-Meier-Kurve zum Implantatüberleben in Bezug auf die genaue Implantatlänge

Kreuztabelle: Zuordnung der Implantatlänge und des -durchmessers

Implantatdurchmesser		Implantatlänge						Gesamt
		6	8	10	12	14	16	
3.50		0	11	16	7	0	0	34
3.75		26	64	72	45	25	4	236
4.00		7	14	7	2	2	0	32
4.50		27	36	30	10	5	0	108
5.50		1	1	0	0	0	0	2
Gesamt		61	126	125	64	32	4	412

Tabelle 71: Kreuztabelle zur Häufigkeit der gesetzten Implantatlängen- und Durchmesser-Kombinationen

8.3.8 Operateur

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Operateur	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Operateur 1	93	0	93	100.0%
Operateur 2	92	8	84	91.3%
Operateur 3	89	8	81	91.0%
Sonstige	52	2	50	96.2%
Operateur 4	86	6	80	93.0%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 72: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Operateur

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	9.805	4	.044

Tabelle 73: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Operateur

8.3.9 Antibiose

SingleShot-Antibiose vs. Dauermedikation

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	SingleShot	68	16,5	24,2	24,2
	Dauermedikation	213	51,7	75,8	100,0
	Gesamt	281	68,2	100,0	
Fehlend	System	131	31,8		
	Gesamt	412	100,0		

Tabelle 74: Häufigkeitstabelle SingleShot-Antibiose im Vergleich zur Dauermedikation

Mittelwerte für die Überlebenszeit

SingleShot- Antibiose oder Dauermedikation	Schätzer	Standardfehler	Mittelwert ^a 95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
SingleShot	35.477	.519	34.460	36.494
Dauermedikation	37.374	.530	36.335	38.414
Gesamt	37.634	.424	36.803	38.465

a. Die Schätzung ist auf die längste Überlebenszeit begrenzt, wenn sie zensiert ist.

Tabelle 75: Mittelwert der Überlebenszeit in Bezug auf den Faktor Antibiose

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.137	1	.286

Tabelle 76: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von SingleShot-Antibiose oder Dauermedikation

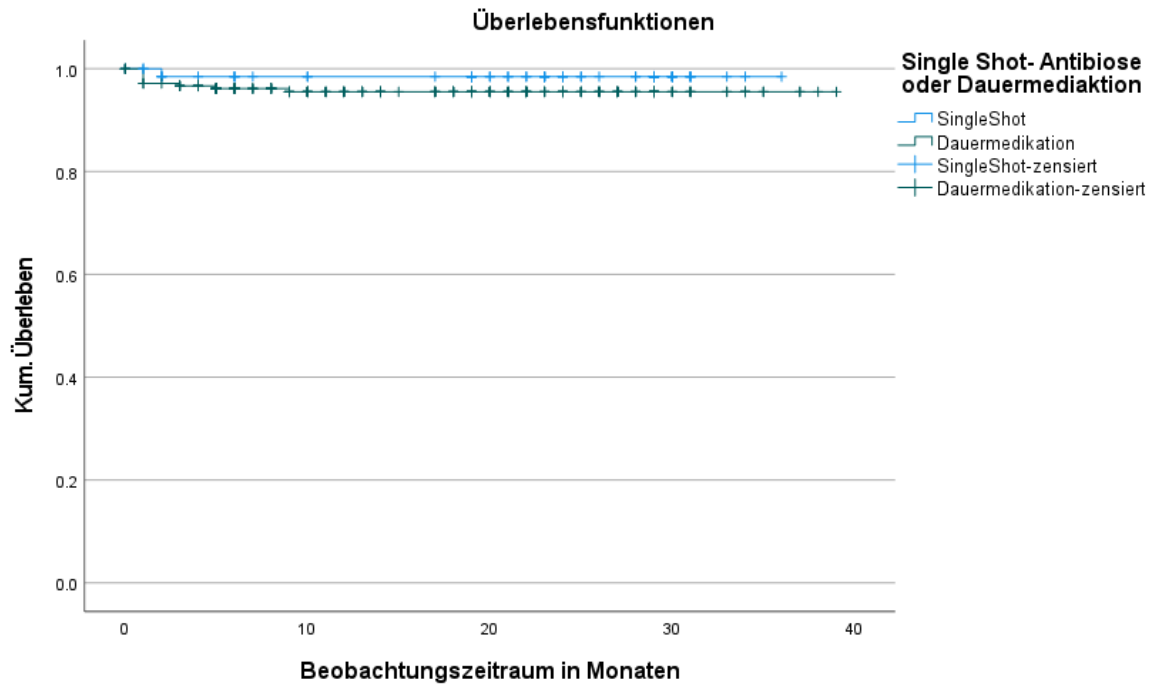


Abbildung 39: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Einnahme von SingleShot-Antibiose oder Dauermedikation im Gesamtkollektiv

Statistiken

Medikationsdauer		
N	Gültig	348
	Fehlend	64
Mittelwert		2,58
Std.-Abweichung		2,401
Minimum		0
Maximum		8

Tabelle 77: Statistik zur Dauer der Antibiotikagabe

Medikationsdauer					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	149	36,2	42,8	42,8
	3	63	15,3	18,1	60,9
	5	122	29,6	35,1	96,0
	7	13	3,2	3,7	99,7
	8	1	0,2	0,3	100,0
	Gesamt	348	84,5	100,0	
Fehlend	System	64	15,5		
Gesamt		412	100,0		

Tabelle 78: Häufigkeitstabelle der Medikationsdauer

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Medikationsdauer	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
0	149	14	135	90.6%
3	63	1	62	98.4%
5	122	6	116	95.1%
7	13	2	11	84.6%
8	1	0	1	100.0%
Gesamt	348	23	325	93.4%

Tabelle 79: Zusammenfassung der Fallverarbeitung der Medikationsdauer

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	7.416	4	.115

Tabelle 80: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Medikationsdauer

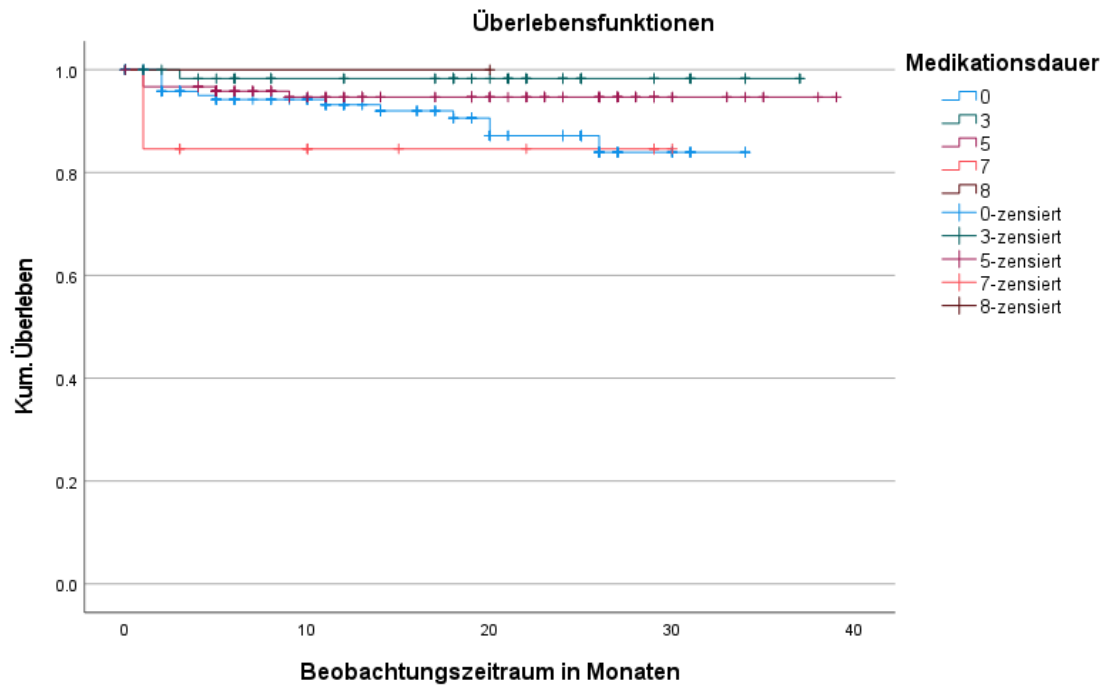


Abbildung 40: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Dauer der Medikamenteneinnahme

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Einnahme Antibiose	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Ja	281	10	271	96.4%
Nein	131	14	117	89.3%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 81: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Einnahme einer Antibiose

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	9.204	1	.002

Tabelle 82: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Einnahme Antibiose

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Name des Antibiotikums	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Amoxicillin	187	7	180	96.3%
Clindamycin	14	0	14	100.0%
Sonstige	24	0	24	100.0%
Amoxicillin+ Calvulansäure	56	3	53	94.6%
Gesamt	281	10	271	96.4%

Tabelle 83: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Art des Antibiotikums

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.776	3	.620

Tabelle 84: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen des Namens des Antibiotikums

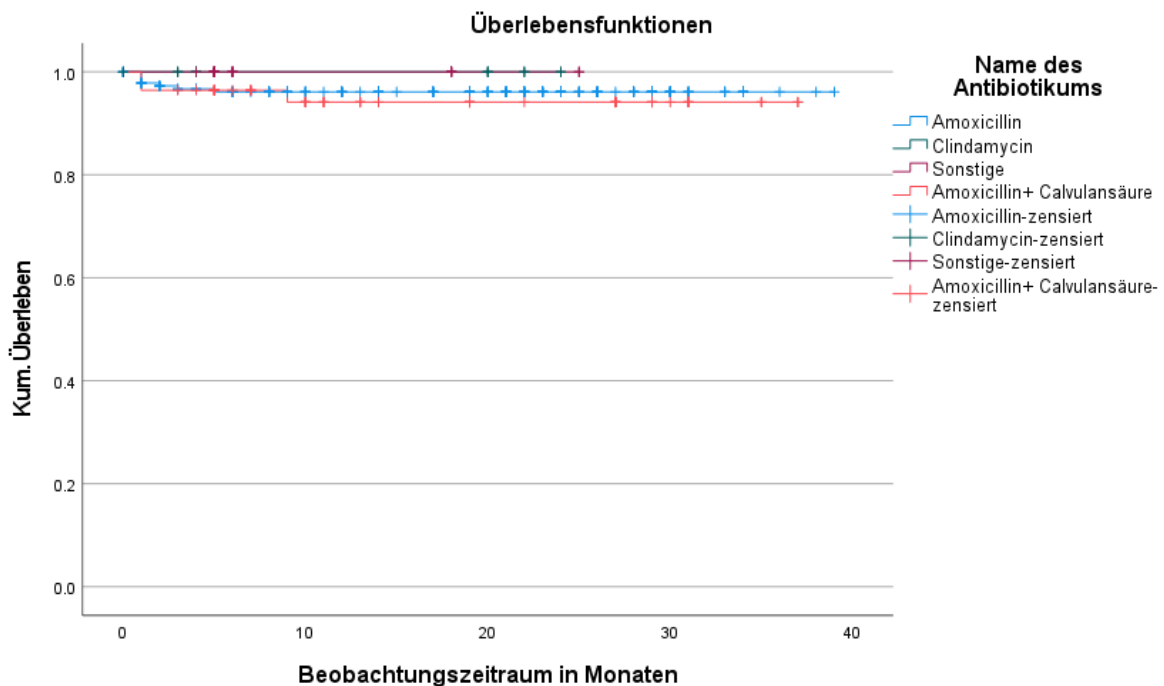


Abbildung 41: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf unterschiedliche Antibiotika

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Einnahme Antibiose	Single Shot-Antibiose oder Dauermediaktion	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
				N	Prozent
Ja	SingleShot	68	1	67	98.5%
	Dauermedikation	213	9	204	95.8%
	Gesamt	281	10	271	96.4%
Gesamt	Gesamt	281	10	271	96.4%

Tabelle 85: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Unterscheidung von SingleShot-Antibiose und Dauermedikation, korrigiert um den Faktor der Einnahme einer Antibiose

Gesamtvergleiche^a

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.137	1	.286

Tabelle 86: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Single Shot-Antibiose oder Dauermedikation, korrigiert um den Faktor der Einnahme einer Antibiose

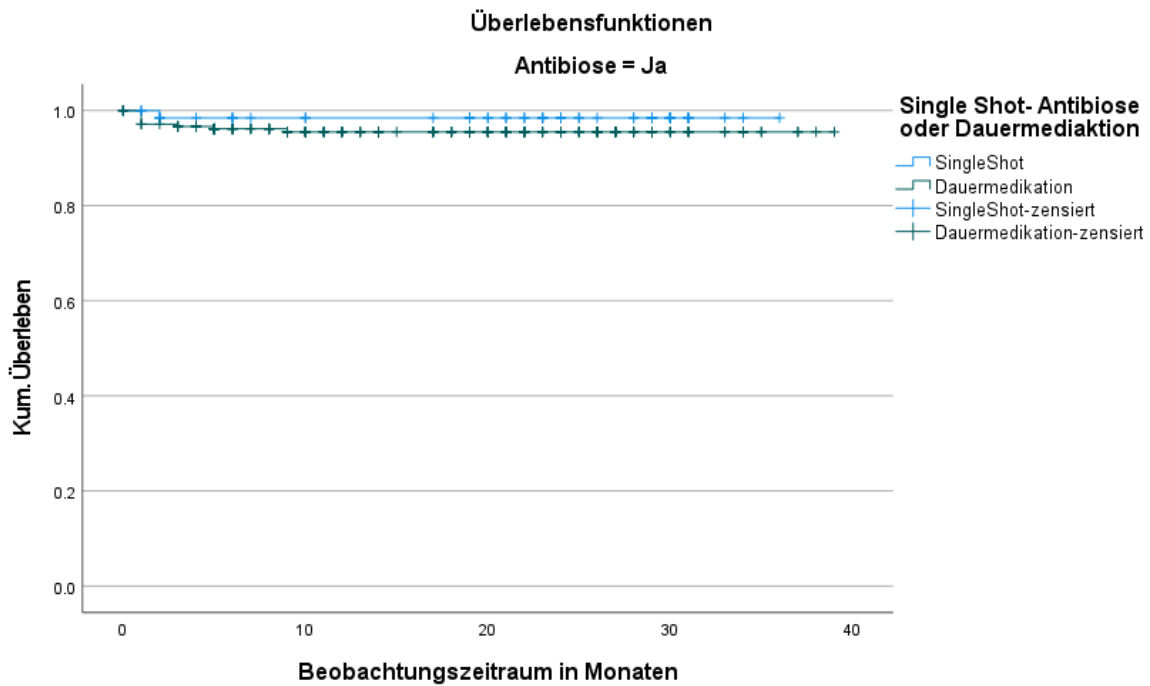


Abbildung 42: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Einnahme von SingleShot-Antibiose oder Dauermedikation bei allen Patienten mit Antibiotikaeinnahme

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Einnahme Antibiose	Medikationsdauer	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
				N	Prozent
Ja	0	18	0	18	100.0%
	3	63	1	62	98.4%
	5	122	6	116	95.1%
	7	13	2	11	84.6%
	8	1	0	1	100.0%
	Gesamt	217	9	208	95.9%
Nein	0	131	14	117	89.3%
	Gesamt	131	14	117	89.3%
Gesamt	Gesamt	348	23	325	93.4%

Tabelle 87: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Einnahme einer Antibiose

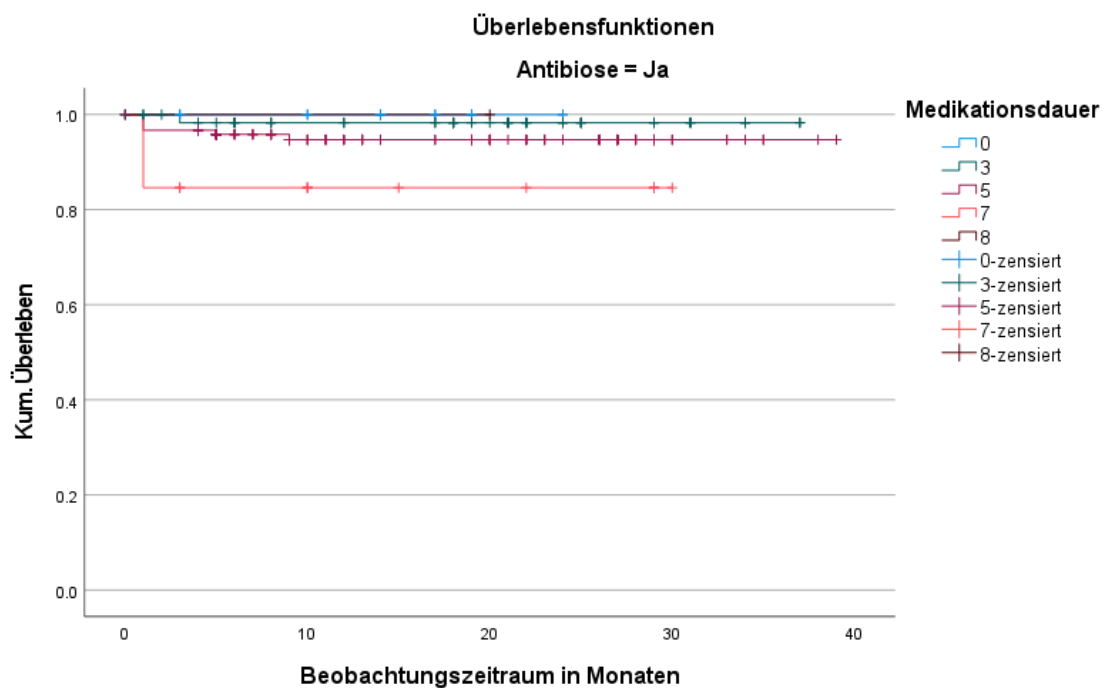


Abbildung 43: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Medikationsdauer bei Patienten mit Antibiotikaeinnahme

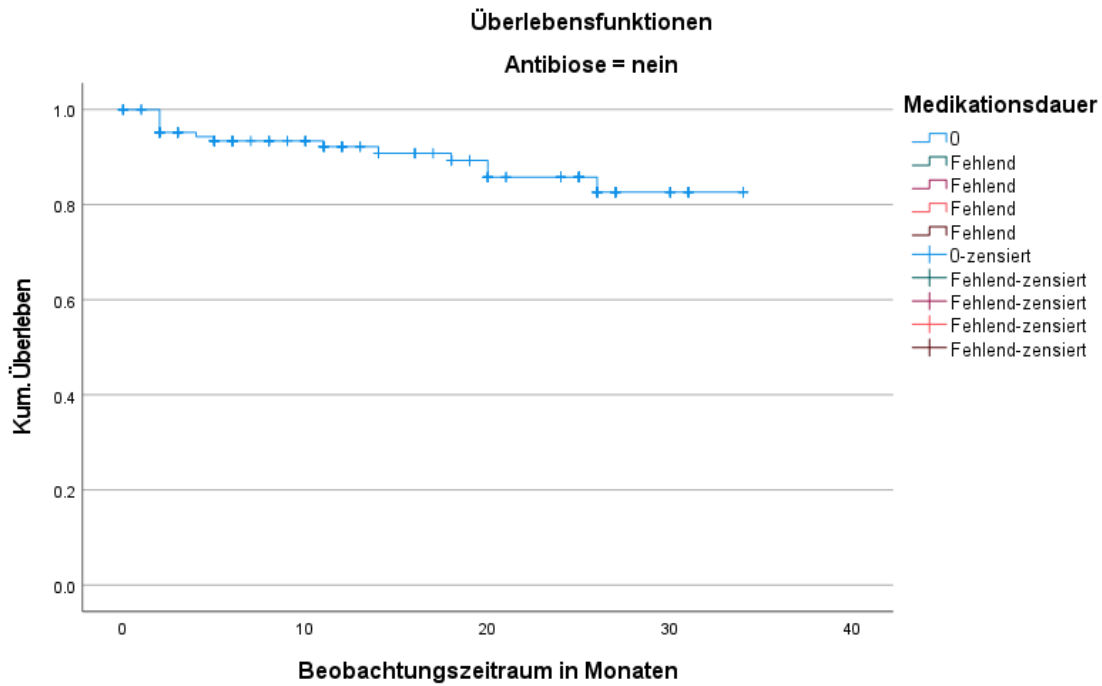


Abbildung 44: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Medikationsdauer bei Patienten ohne Antibiotikaeinnahme

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Einnahme Antibiose	Name des Antibiotikums	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
				N	Prozent
Ja	Amoxicillin	187	7	180	96.3%
	Clindamycin	14	0	14	100.0%
	Sonstige	24	0	24	100.0%
	Amoxicillin+ Calvulansäure	56	3	53	94.6%
	Gesamt	281	10	271	96.4%
Gesamt	Gesamt	281	10	271	96.4%

Tabelle 88: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Art der Antibiose

Gesamtvergleiche^a

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.776	3	.620

Tabelle 89: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Name des Antibiotikums, korrigiert um den Faktor der Einnahme einer Antibiose

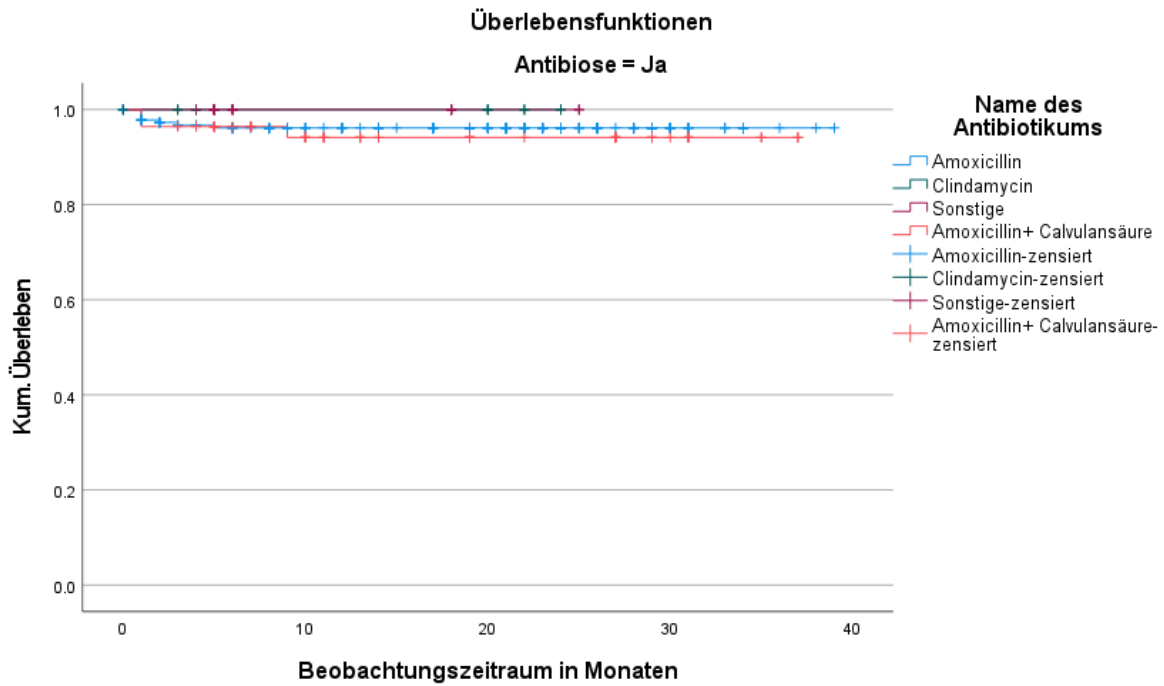


Abbildung 45: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf unterschiedliche Antibiotika bei erfolgter Antibiotikaeinnahme

8.3.10 Vergleich Guided-/Freihand-Operation

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Guided-Operation	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Nein	372	21	351	94.4%
Ja	40	3	37	92.5%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 90: Zusammenfassung der Fallverarbeitung einer Guided- oder Freihand-OP

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	.355	1	.551

Tabelle 91: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Guided-Operation

8.3.11 Einheilmodus

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Einheilmodus	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Subgingival	269	19	250	92.9%
Transgingival	143	5	138	96.5%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 92: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Einheilmodus

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.979	1	.159

Tabelle 93: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Einheilmodus

8.3.12 Anästhesieform

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Art der Anästhesie	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Leitung	202	12	190	94.1%
Infiltrationsanästhesie	148	10	138	93.2%
Vollnarkose	39	2	37	94.9%
Lokalanästhesie + Sedierung	23	0	23	100.0%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 94: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Anästhesieform

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1.525	3	.676

Tabelle 95: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Art der Anästhesie

8.3.13 Augmentation

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Augmentation und Augmentationsmodus	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Einzeitig	209	6	203	97.1%
nein	135	13	122	90.4%
Zweizeitig	68	5	63	92.6%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 96: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum zeitlichen Ablauf der Augmentation

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	6.750	2	.034

Tabelle 97: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Augmentation und Augmentationsmodus

Augmentationsmaterial

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Autolog	81	19,7	29,2	29,2
	Xenogen	44	10,7	15,9	45,1
	Allogen	35	8,5	12,6	57,8
	Kombination	117	28,4	42,2	100,0
	Gesamt	277	67,2	100,0	
Fehlend	System	135	32,8		
Gesamt		412	100,0		

Tabelle 98: Häufigkeitstabelle zum Augmentationsmaterial

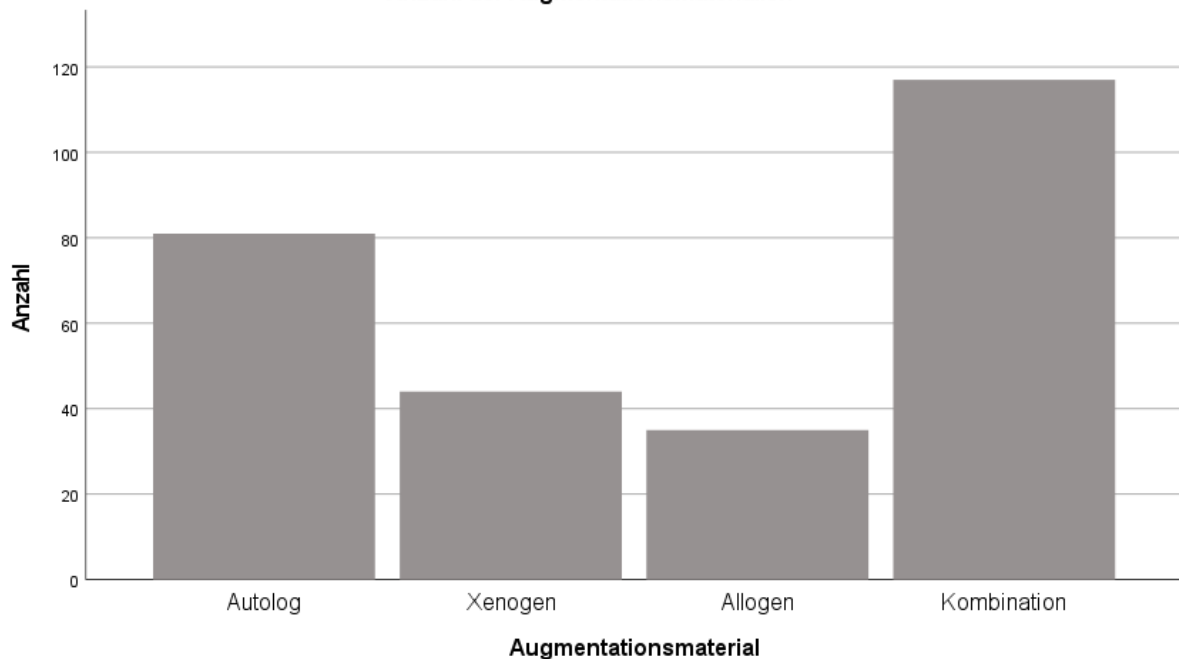
Anzahl der Augmentationsmaterialien

Abbildung 46: Balkendiagramm zur Verteilung der unterschiedlichen Knochenersatzmaterialien

		Augmentationsmethode			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	GBR	172	41,7	62,1	62,1
	interner Sinuslift	33	8,0	11,9	74,0
	externer Siunslift	40	9,7	14,4	88,4
	Sonstige	32	7,8	11,6	100,0
	Gesamt	277	67,2	100,0	
Fehlend	System	135	32,8		
Gesamt		412	100,0		

Tabelle 99: Häufigkeitstabelle zur Augmentationsmethode

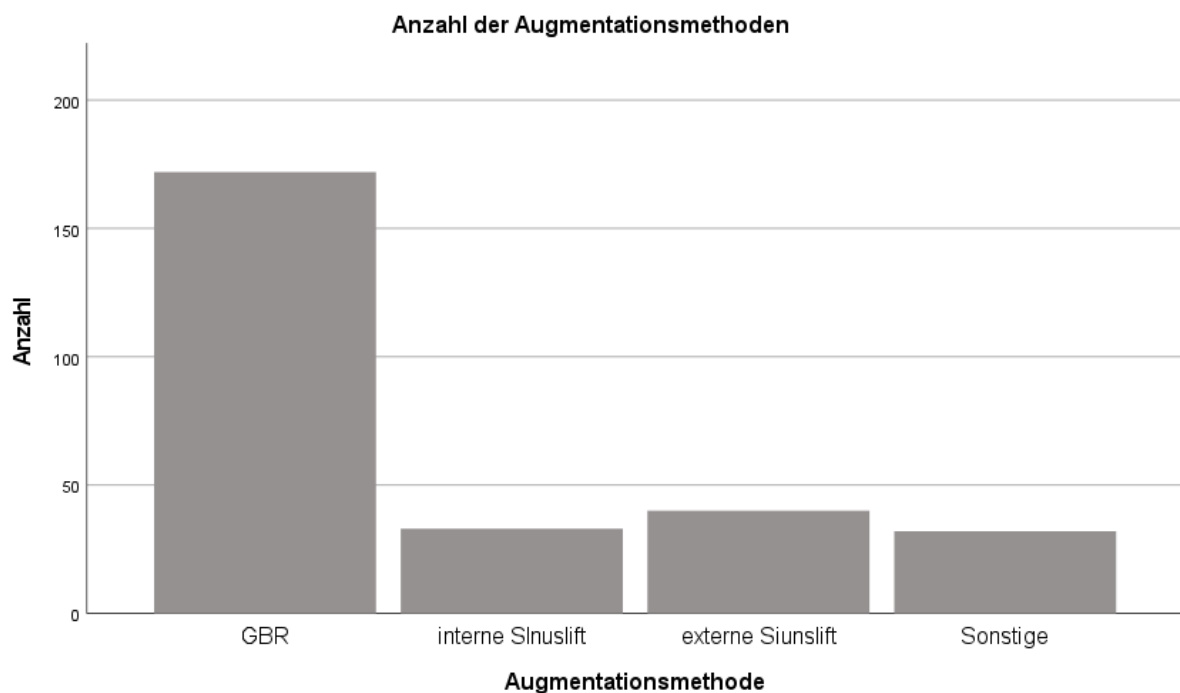


Abbildung 47: Balkendiagramm zur Verteilung der Unterschiedlichen Augmentationsmethoden

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Augmentation und Augmentationsmodus	Augmentationsmethode	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
				N	Prozent
Einzeitig	GBR	133	4	129	97.0%
	interner Sinuslift	33	1	32	97.0%
	externer Siunslift	27	0	27	100.0%
	Sonstige	16	1	15	93.8%
	Gesamt	209	6	203	97.1%
Zweizeitig	GBR	39	5	34	87.2%
	externer Siunslift	13	0	13	100.0%
	Sonstige	16	0	16	100.0%
	Gesamt	68	5	63	92.6%
Gesamt	Gesamt	277	11	266	96.0%

Tabelle 100: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zur Augmentationsmethode und zum zeitlichen Ablauf

Gesamtvergleiche

Augmentation und Augmentationsmodus		Chi-Quadrat	df	Sig.
Einzeitig	Log Rank (Mantel-Cox)	1.369	3	.713
Zweizeitig	Log Rank (Mantel-Cox)	3.660	2	.160

Tabelle 101: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen der Augmentationsmethode

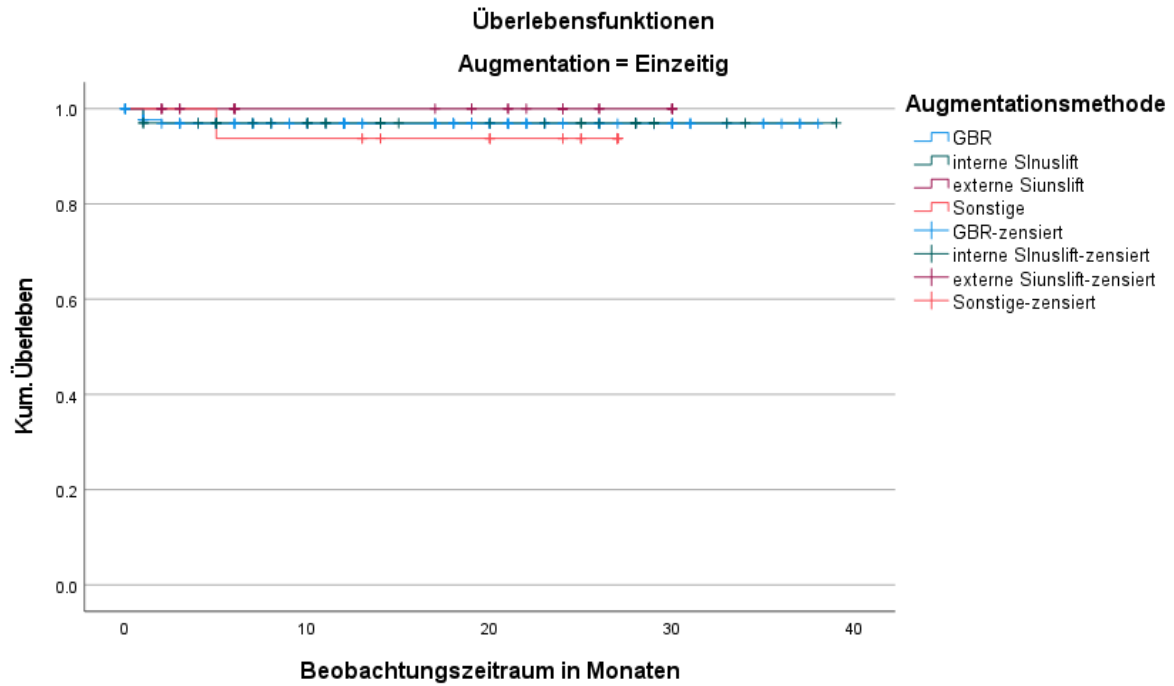


Abbildung 48: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Augmentationsmethode bei einzeitigem Vorgehen

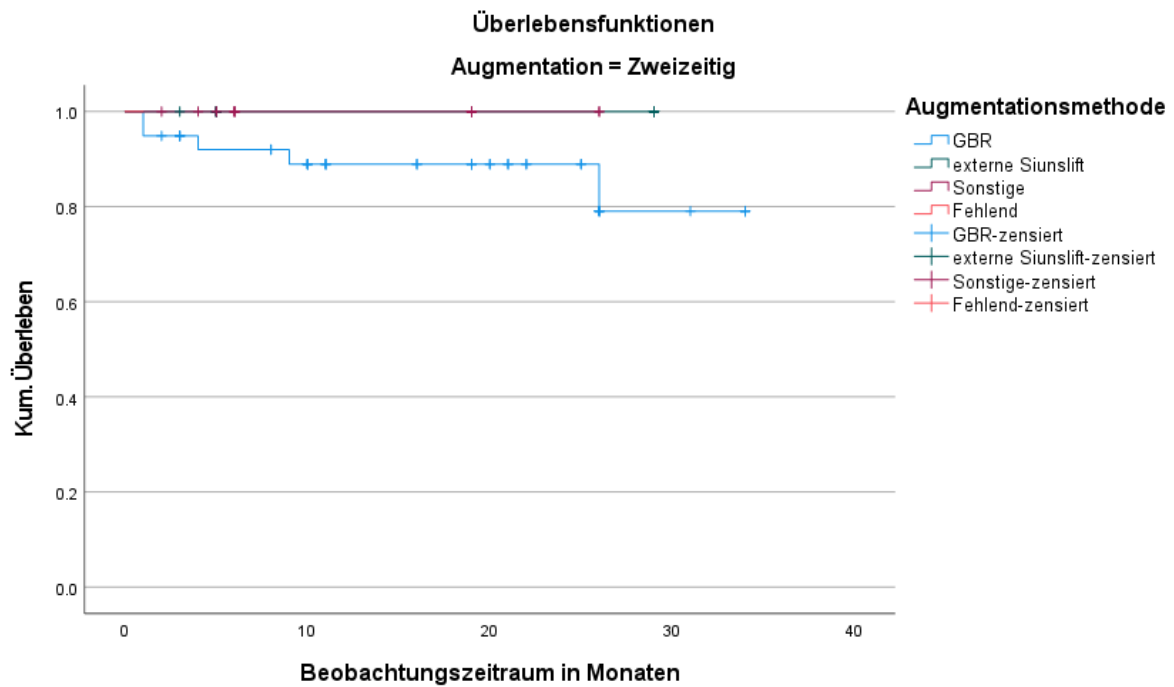


Abbildung 49: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf die Augmentationsmethode bei zweizeitigem Vorgehen

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Augmentationsmaterial	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Autolog	81	3	78	96.3%
Xenogen	44	0	44	100.0%
Allogen	35	1	34	97.1%
Kombination	117	7	110	94.0%
Gesamt	277	11	266	96.0%

Tabelle 102: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Augmentationsmaterial

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	3.037	3	.386

Tabelle 103: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Augmentationsmaterial

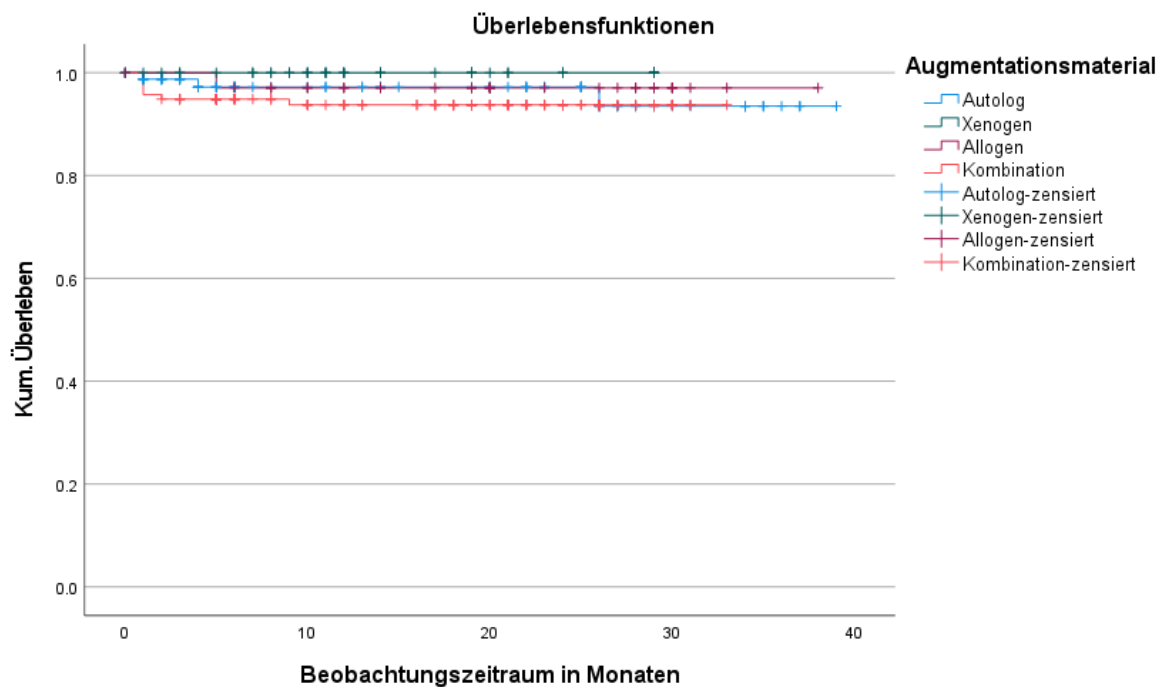


Abbildung 50: Kaplan-Meier-Kurve des Implantatüberlebens in Bezug auf das Augmentationsmaterial

8.4 Periimplantäres Geschehen

Zusammenfassung der Fallverarbeitung

Auftreten von Periimplantitis	Gesamtzahl	Anzahl von Ereignissen	Zensiert	
			N	Prozent
Ja	8	5	3	37.5%
nein	404	19	385	95.3%
Gesamt	412	24	388	94.2%

Tabelle 104: Zusammenfassung der Fallverarbeitung zum Auftreten einer Periimplantitis

Gesamtvergleiche

	Chi-Quadrat	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	53.115	1	.000

Tabelle 105: Test auf Gleichheit der Überlebensverteilungen für die verschiedenen Stufen von Auftreten von Periimplantitis

9 Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle dem Leiter der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie plastische Operationen der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, für die Überlassung dieses Themas danken.

Mein besonderer Dank richtet sich auch an meinen Erstprüfer für die ausdauernde, geduldige und freundliche Unterstützung bei der Bearbeitung dieses Themas und die gute Betreuung bei dieser Arbeit. Ich weiß diese sehr zu schätzen.

Ebenso gilt mein Dank dem Zweitprüfer für die Durchsicht der Arbeit und die damit verbundenen Mühen.

Danken möchte ich auch den weiteren Mitarbeitern der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie plastische Operationen, welche mich auf mannigfaltige Weise bei der Vervollständigung dieser Arbeit unterstützt haben.

Ein weiterer Dank geht an die Praxis, welche mir ihre Implantatdaten zur Verfügung gestellt und durch die Bereitstellung der Daten diese Arbeit in hohem Maße bereichert hat.

10 Tabellarischer Lebenslauf