

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Roland Frankenberger  
  
des Fachbereiches Medizin der Philipps-Universität Marburg

**Retrospektive Datenerhebung zur Lückenhalterversorgung von  
Kindern und Jugendlichen**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

dem Fachbereich Medizin  
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Nikolai Liptow-Pieper  
aus Hannover

Marburg, 2025

Angenommen vom Fachbereich Medizin  
der Philipps-Universität Marburg am: 04.02.2025

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Medizin.

Dekan: Herr Prof. Dr. M. Hertl

Referentin: Frau Prof. Dr. A. Jablonski-Momeni

1. Korreferent: Herr PD Dr. M. Roggendorf

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	1
1 EINLEITUNG.....	2
2 LITERATURÜBERSICHT .....	4
2.1.1 Die erste Dentition: Zahnentwicklung und Durchbruchzeiten .....	4
2.1.2 Dento-alveoläres Wachstum.....	5
2.2 Die erste Wechselgebissphase .....	10
2.3 Ruhephase und zweite Wechselgebissphase .....	12
2.4 Milchzahnmorphologie und Breitenverhältnisse zur zweiten Dentition .....	13
2.5 Definition und Ursachen vorzeitigen Milchzahnverlusts.....	14
2.5.1 Karies .....	14
2.5.2 Unterminierende Resorption .....	15
2.5.3 Traumata .....	16
2.5.4 Ankylose der Milchmolaren.....	16
2.6 Folgen des vorzeitigen Milchzahnverlust.....	17
2.6.1 Allgemeine Folgen .....	17
2.6.2 Lokale Folgen .....	18
2.7 Lückenthaltertherapie .....	19
2.7.1 Festsitzende Apparaturen.....	20
2.7.2 Herausnehmbare Apparaturen .....	22

3 ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG .....	23
4 MATERIAL UND METHODEN .....	24
4.1 Studiendesign.....	24
4.2 Auswahl der Patientenakten.....	24
4.3 Erfassung der Patientendaten .....	25
4.4 Untersuchte Parameter .....	25
4.4.1 Patientenbezogene Daten .....	25
4.5 Statistische Auswertung .....	28
5 ERGEBNISSE .....	29
5.1 Patientenbezogene Daten .....	29
5.2 Lückenhalterspezifische Ergebnisse .....	35
5.3 Ergebnisse und Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Kaplan-Meier .....	36
5.3.1 Gesamtüberleben aller Lückenhalterapparaturen.....	36
5.3.2 Zusammenfassung der Ergebnisse und Überprüfung der aufgestellten Hypothesen .....	37
6 DISKUSSION .....	43
6.1 Material und Methode.....	43
6.1.1 Untersuchungsgut.....	43
6.1.2 Datenerfassung .....	44
6.1.3 Wahl der kleinsten Untersuchungseinheit.....	45
6.1.4 Definition von Erfolg und Misserfolg .....	46
6.1.5 Statistische Auswertung .....	47

6.2	Ergebnisdiskussion.....	48
6.2.1	Überlebenswahrscheinlichkeit/Gesamtbeobachtungszeitraum.....	48
6.2.2	Abhängigkeit vom Parameter Geschlecht.....	49
6.2.3	Abhängigkeit vom Parameter Tragedauer.....	49
6.2.4	Abhängigkeit vom Parameter dmft-Wert.....	50
6.2.5	Abhängigkeit vom Parameter Mundhygiene.....	51
6.2.6	Abhängigkeit vom Parameter zahnärztliche Anamnese.....	52
6.2.7	Abhängigkeit vom Parameter Mitarbeit.....	52
6.2.8	Abhängigkeit von weiteren Parametern.....	53
6.2.9	Abhängigkeit von Parametern Komplikationen.....	53
6.3	Klinische Relevanz.....	54
7	ZUSAMMENFASSUNGEN.....	57
7.1	Zusammenfassung Deutsch.....	57
7.2	Zusammenfassung Englisch (summary).....	59
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	61

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d.h.	das heißt
et al.	et alii (deutsch: und andere)
ggf.	gegebenenfalls
KFO	Kieferorthopädie
OK	Oberkiefer
pH	Potential des Wasserstoffs
u.a .	unter anderem
UK	Unterkiefer
s.	siehe
Tab.	Tabelle
µm	Mikrometer
z.B .	zum Beispiel

## 1 EINLEITUNG

Die Zahnerhaltungs- und Prophylaxemaßnahmen haben in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung gewonnen und sind wie Studien belegen in Zentraleuropa hinsichtlich der Kariesprävalenz sehr erfolgreich (Hoffmann et al., 2006; Jordan und Micheelis, 2016). Insbesondere bei Kindern und Jugendlichen hat sich die Mundgesundheit rapide verbessert. Eine umfangreiche Aufklärung bezüglich Mundhygiene und Ernährung als auch frühzeitige Prophylaxemaßnahmen wie die Fissurenversiegelung und rechtzeitige Kariestherapie verfolgen das oberste Ziel des Zahnerhalts im Milch- sowie Wechselgebiss bis die natürliche Exfoliation erfolgt. Dennoch kann es im Milchgebiss durch unterschiedliche Einflussfaktoren zum vorzeitigen Verlust von Milchzähnen kommen (Schulz-Weidner et al., 2012). Als Ursachen sind dabei insbesondere Karies (Lucas-Rincón et al., 2019), Traumata und Nichtanlagen zu nennen. Dabei gelten frühzeitige Milch Zahnverluste im Frontzahnggebiet hinsichtlich des komplikationslosen, regulären Zahnwechsels zur zweiten Dentition als weniger problematisch wie der vorzeitige Verlust der Stützzone im Seitenzahnggebiet. So kann beispielsweise durch Aufwanderung des 6-Jahrmolars bereits der benötigte Leeway-Space stark reduziert werden und zur Lückeneinengung, ektopischen Zahndurchbrüchen sowie unterminierenden Resorptionen führen (Schopf, 2008; Salbach et al., 2012; Steffen und van Waes, 2013). Zu weiteren möglichen Komplikationen gehören Eckzahnaußenstand, Mittellinienverschiebung und lateraler Kreuzbiss in Folge von Platzeinengung und Retention bleibender Zähne. Um diesen Szenarien entgegenzuwirken gibt es verschiedene Ansätze, u.a. die Eingliederung von Platz- bzw. Lückenhaltern, die entweder in Form von herausnehmbaren Apparaturen getragen oder festsitzend in die Lücke eingebracht werden können. Diese Erkenntnisse bzw. therapeutischen Ansätze wurden von Kantorowicz bereits vor mehr als 80 Jahren propagiert und von Bredy wieder aufgenommen (Kantorowicz, 1929; Bredy, 1968). In einer Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) aus dem Jahr 2004 werden Empfehlungen zu Zeitpunkt und Ausmaß der Lückeneinengung hinsichtlich der Lückenhaltertherapie gegeben. So wird das Risiko einer Lückeneinengung bei folgenden klinischen Fällen als hoch eingestuft: Milch Zahnverlust vor Durchbruch

des ersten Molaren und der Schneidezähne, der vorzeitige Verlust des zweiten Milchmolaren, die Ausstoßung des Milcheckzahns mit Durchbruch des lateralen Schneidezahns, der Verlust von zwei oder drei Milchzähnen eines Quadranten insbesondere im Oberkiefer (Harzer et al., 2004). Diese Empfehlungen decken sich weitestgehend mit einer Studie bei mexikanischen Schulkindern aus dem Jahr 2019 (Lucas-Rincón et al., 2019).

Derzeit gibt es keine klaren evidenzbasierten Empfehlungen bezüglich der Indikation und Art von Lückenhaltern nach Milchzahnverlust. Daher zielt die vorliegende Arbeit darauf ab, im Rahmen einer retrospektiven Datenerhebung eine Übersicht zum Behandlungsstatus von Kindern nach Milchzahnverlust zu erheben. Darauf basierend sollen ggf. Empfehlungen für die optimale Versorgung mit Lückenhalterapparaturen abgeleitet werden.

## 2 LITERATURÜBERSICHT

### 2.1.1 Die erste Dentition: Zahnentwicklung und Durchbruchzeiten

Der Mensch gehört wie auch die meisten Säugetiere mit seinen zwei aufeinander folgenden Dentitionen zu den diphyodonten Lebewesen (Euler, 1934). Die erste Dentition, die sogenannten Milchzähne bzw. deren Anlagen werden bereits ab der sechsten Schwangerschaftswoche entwickelt. Im weiteren Verlauf werden so über ein Proliferationsstadium, einer Histo- und Morphodifferenzierung, dem Analagerungsstadium und Mineralisation aller Milchzähne sowie zum Teil der ersten Molaren die Anlagen beider Dentitionen im Fötus entwickelt. Je nach Entwicklungsgeschwindigkeit können neugeborene Kinder schon mit unteren Inzisiven zur Welt kommen. Die meisten Kinder kommen jedoch zahnlos auf die Welt und erhalten ihre ersten Milchzähne zumeist die mittleren unteren Inzisivi nach etwa einem halben Jahr (Leighton, 1978). Damit endet die zahnlose Säuglingsphase des Kindes und es gewöhnt sich sukzessiv an die Aufnahme festerer Nahrung. Zu diesem Zeitpunkt unterstützt die Zunge noch den Unterkiefer bei der Abstützung zum Oberkiefer indem sie sich zwischen die lateralen Kieferkämme einlagert (Adler, 1967). Nach vollständigem Durchbruch der seitlichen Milchmolaren wird diese Abstützfunktion erstmals von den Zähnen übernommen. In Tabelle 1 sind die durchschnittlichen Zeitpunkte mit Beginn der Hartschubstanzbildung bis hin zur Exfoliation der ersten Dentition zusammengefasst.

Tabelle 1: Durchbruchs- und Entwicklungszeiten, Quelle: Weber, 2010

	Beginn HSB	Ende SB	Durchbruch	Ende WB	Beginn WR	Ca. 50 % WR	Exfoliation
OK i1	4 MU	1,5 M	7,5 M	1,5 J	4 J	5,25 J	6,5 J
Ok i2	4,5 MU	2,5 M	9 M	2 J	4,5 J	6 J	6,6 J
OK c	5 MU	9 M	18 M	3,25 J	7,5 J	9,5 J	10,5 J
OK m1	5 MU	6 M	14 M	2,5 J	7 J	8,5 J	9,5 J
OK m2	6 MU	11 M	24 M	3 J	7 J	8,5 J	10,5 J
UK i1	4,5 MU	2,4 M	6 M	1,5 J	3,5 J	5 J	6 J
UK i2	4,5 MU	3 M	7 M	2 J	4 J	4,75 J	6,5 J
HSB = Hartschubstanzbildung, SB = Schmelzbildung, WB = Wurzelbildung, WR = Wurzelresorption, MU = Monat in utero, M = Monat, J = Jahr, OK = Oberkiefer, UK = Unterkiefer							

Zur regelrechten Entwicklung und Einstellung der Milchzahnokklusion gehört der singuläre Antagonismus der zweiten oberen und unteren Milchmolaren zueinander. Bezeichnet wird diese spezifische Zahnbeziehung als „Postlaktalebene“ (Gabriel, 2007). Diese hat zur Folge, dass sich später auch die ersten beiden bleibenden Molaren im singulären Antagonismus zueinander einstellen, was defacto einer Angle-Klasse II von einer halben Prämolarenbreite entspricht. Diese gilt so lange als neutral und physiologisch bis es zum Durchbruch der zweiten Prämolaren im Unterkiefer kommt.

### 2.1.2 Dento-alveoläres Wachstum

Das dento-alveoläre Wachstumsmuster ist bereits vor aber auch während der Nutzungsphase der ersten Dentition dreidimensionaler Natur. Klinisch zeigt sich das transversale Wachstum in der Lückenentstehung innerhalb der oberen und unteren Inzisivi und zu den Eckzähnen. Als Ursache wird der von den breiteren bleibenden Zahnkeimen ausgehende Druck in Betracht gezogen. Durchschnittlich beträgt der Unterschied der mesio-distalen Breitensumme von erster und zweiter Dentition im Frontzahnbereich etwa 5 mm im Oberkiefer und ca. 2 mm im Unterkiefer (Stöckli et al., 1994). Dieser Betrag ist notwendig um eine engstandsfreie Einstellung der bleibenden Inzisivi sicherzustellen. Auch im Seitenzahnbereich resultiert durch skelettale Wachstumsprozesse von Maxilla und Mandibula ein Platzüberschuss, der sich ebenfalls durch Lückenbildung zwischen Milcheckzähnen und Milchmolaren manifestiert (Van der Linden und Duterloo, 1980).

#### 2.1.2.1 Skelettale Wachstumsprozesse

Im Bereich des Tuber maxillae im Oberkiefer vergrößert sich durch appositionelles Wachstum das Retromolarenfeld dorsal der Milchmolaren. Gleichzeitiger Platzgewinn resultiert aus Resorptionsvorgängen an der anterioren Kante des ramus ascendens mandibulae. Diese Vorgänge bzw. der sich ergebende Längenzuwachs von Ober- und Unterkiefer um das sechste Lebensjahr sind Voraussetzung für einen regelrechten Durchbruch der ersten

bleibenden Molaren. Wird das Retromolarenfeld durch die skelettalen remodellatorischen Wachstumsprozesse vergrößert und führt damit zu regelrechtem Platzüberschuss distal der hinteren Molaren, so kommt es im Bereich der Milch- und Eckzähne sogar zu einer Verringerung des Platzangebots (Stöckli et al., 1994). In diesem Bereich überwiegen resorptive remodellatorische Wachstumsmuster, die durch Resorptionen der bukkalen Knochenoberflächen gekennzeichnet sind (Van der Linden und Duterloo, 1980). Diese Vorgänge tragen unter anderem der Einhaltung des sich im Rahmen der Evolution entwickelnden Bauplans des menschlichen Schädels Rechnung. Nur diese remodellatorischen Prozesse ermöglichen den menschlichen aufrechten Gang und die Volumenzunahme des Gehirns (Holtmann et al., 2020). Denn anders als bei Säugetieren, befindet sich die vordere Schädelbasis des Menschen in einer horizontalen Ausrichtung. In toto unterliegt die Schädelbasis einer Stufengliederung, so dass die vordere Schädelbasis kranial und anterior zur hinteren Schädelbasis angeordnet ist. Vordere und hintere Schädelbasis werden durch die mittlere Schädelbasis in Form einer vertikalen Stufe miteinander verbunden. Diese Anordnung ermöglicht ein nahezu rechtwinkliges Austreten des Rückenmarks aus dem Schädel in Relation zur Schädelbasis. Somit wird dem Menschen der nach vorne gerichtete Blick, bei gleichzeitig aufrechtem Gang, ermöglicht. Eine weitere Voraussetzung zum aufrechten Gang liegt in der Größenreduktion des Gebisses. Der Mensch ist das einzige Säugetier, das keine Schnauze besitzt. Sein Gebiss liegt kaudal der anterioren Schädelgrube. Dies ermöglicht, dass der Schädel ausbalanciert auf der Wirbelsäule gehalten werden kann (Steitz, 1993). Die zuvor beschriebenen resorptiven, remodellatorischen Wachstumsprozesse regulieren somit das nach anterior-kaudal gerichtete Wachstum von Maxilla und Mandibula und verhindert dadurch eine zu starke Translation der Alveolarfortsätze vor die vordere Schädelgrube. Dadurch kommt es nur zu einem geringen Größenzuwachs der Alveolarfortsätze im Bereich der Milchzahnbögen bzw. der Stützzonen. Die sich entwickelnden Schneidezähne, Eckzähne und Prämolaren müssen sich deshalb mit den zumeist eng begrenzten Platzverhältnissen arrangieren (Van der Linden und Duterloo, 1980).

## 2.1.2.2 Kieferorthopädische Indikationsgruppen (KIG)

Nicht selten entstehen in der frühen Wechselgebissphase bzw. im Laufe der Wechselgebissphase, also im Alter zwischen sechs und zwölf Jahren, Komplikationen und entwicklungsbedingte Normabweichungen, die eine frühe kieferorthopädische Therapie erforderlich machen. Im Folgenden wurden die Indikationsgruppen durch einen Beschluss des Bundesausschusses der Zahnärzte und Krankenkassen aus dem Jahr 2003 nach Art und Schweregrad zusammengefasst.

Tabelle 2: Quelle: Richtlinien des Bundesausschusses der Zahnärzte und Krankenkassen für die kieferorthopädische Behandlung in der Fassung vom 04. Juni 2003 und vom 24. September 2003 veröffentlicht im Bundesanzeiger Nr. 226 (S. 24) vom 03. Dezember 2003; in Kraft getreten am 1. Januar 2004

Behandlungsbedarf	Grad	1	2	3	4	5
kraniofaziale Anomalien	A					Lippen-Kiefer-Gaumenspalte bzw. andere kraniofaziale Anomalie
Zahnunterzahl (Aplasie oder Zahnverlust)	U				Unterzahl (nur wenn präprothetische Kieferorthopädie oder kieferorthopädischer Lückenschluss indiziert)	
Durchbruchstörungen	S				Retention (außer 8er)	Verlagerung (außer 8er)
sagittale distal Stufe	D	bis 3 mm	über 3, bis 6 mm		über 6, bis 9 mm	über 9 mm
mesial	M				0-3 mm	über 3 mm
vertikale offene Stufe (auch seitlich)	O	bis 1 mm	über 1, bis 2 mm	über 2, bis 4 mm	über 4 mm	über 4 mm
tief	T				habituell offen	skelettal offen
transversale Abweichung	B				Bukkal-/Lingualokklusion	
	K		Kopfbiss	beidseitiger Kreuzbiss	einseitiger Kreuzbiss	
Kontaktpunktabweichung Engstand	E	unter 1 mm	über 1, bis 3 mm	über 3, bis 5 mm	über 5 mm	
Platzmangel	P		bis 3 mm	über 3, bis 4 mm	über 4 mm	

Die frühzeitige Diagnosestellung und Überwachung der Gebissentwicklung bzw. des reibungslosen Zahnwechsels gehört neben der konservierenden und prothetischen Versorgung als wichtiger Pfeiler zur kinderzahnheilkundlichen Betreuung. Dieses sogenannte „KFO-Screening“ zielt insbesondere auf den Erhalt der Stützzonen und der Prävention von Fehlentwicklungen ab. Stützzonenerhalt bedeutet den durch die Milchmolaren gewonnen Platzüberschuss, der durch die größere anatomische Ausdehnung der Milchmolaren gegenüber den nachfolgenden Prämolaren zu erklären ist, nicht zu verlieren oder sogar zu verringern. Die Stützzone ist definiert als Raum, den die Milcheckzähne und Milchmolaren einnehmen bzw. metrisch festgelegt durch den Abstand der distalen Kante des 2ers und der mesialen Kante des 6ers. Wie bereits erwähnt ist dieser Raum in der ersten Dentition, hervorgerufen durch die anatomischen Größenunterschiede von Milchmolaren und nachfolgenden Prämolaren im OK durchschnittlich etwa 0,9 mm und im UK etwa 1,7 mm größer. Dieser Platzüberschuss im Milchgebiss wird als sogenannter „lee way space“ nach Nance bezeichnet und ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

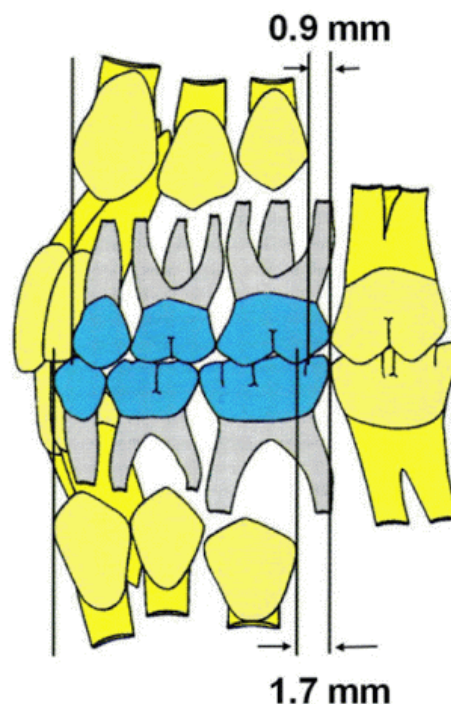


Abbildung 1: Lee way space. Die Summe der Breiten von Milcheckzahn und Milchmolaren ist größer als die der bleibenden Eck- und Prämolaren

Quelle: Lee, 2015

Eine Einengung der Stützzone führt zu Platzmangel der bleibenden Zähne und wird dann als sekundärer Engstand definiert. Dieser lässt sich bei adäquater Therapie durch konservierende, prothetische und kieferorthopädische Maßnahmen vermeiden (Gianelly, 2002). Zu der konservierenden Therapie gehört das einfache Auffüllen des durch Karies oder Traumata entstandenen Defekts, insbesondere im approximalen Bereich bzw. einer Klasse-II Kavität, unter Ausnutzung der anatomischen Gegebenheiten mit einer Composit- oder Glasionomerfüllung (Krämer und Frankenberger, 2014). Bei größeren Defekten auch der prothetische Ersatz der Zahnkrone durch eine Stahlkrone. Sind die Zähne aber aus verschiedensten Gründen nicht erhaltungswürdig oder gehen frühzeitig verloren, so kann in bestimmten Fällen die Anfertigung bzw. Einbringung von Lückenthalerapparaturen durch herausnehmbare kieferorthopädische Plattenapparaturen oder festsitzenden Bändern indiziert sein.

### 2.1.3 Angle-Klassen

Bei Angle-Klassen spricht man von der sagittalen Lagebeziehung der beiden Sechsjahrmolaren von Ober- und Unterkiefer zueinander und erhält so drei bzw. vier spezifische Einteilungen die in Abbildung 2 schematisch dargestellt sind.

Die Angle-Klasse I steht für die Neutralbiss bzw. Neutralverzahnung. Dabei trifft der mesiobukkale Höcker des oberen ersten Molaren zwischen die beiden bukkalen Höcker des antagonistischen unteren ersten Molars.

Bei der Angle-Klasse II dem sogenannten Distalbiss trifft der Referenzhöcker also der mesiobukkale Höcker des oberen Sechlers weiter mesial auf den unteren Sechsjahrmolar.

Je nach Stellung der Frontzähne unterscheidet man dabei noch in zwei Unterklassen nämlich Angle-Klasse II/1 und Angle-Klasse II/2.

Klasse II/1 zeichnet sich durch eine meist im Lückenstand befindliche und proklinierte Oberkieferfront aus, die zumeist zu einer vergrößerten sagittalen Frontzahnstufe (Overjet) zum Unterkiefer führt.

Eine weitere Unterklasse ist die Angle-Klasse II/2. Die Oberkieferschneidezähne sind im Gegensatz zur Klasse II/1 rekliniert, im Engstand und einen vergrößerten

vertikalen Überbiss (Overbite). Daraus resultiert zumeist ein übermäßiger Okklusionskontakt zu den antagonistischen Schneidezähnen im Unterkiefer.

Von einer Angle-Klasse III spricht man bei einer Mesialbisslage. Das bedeutet, dass der mesiobukkale Höcker des oberen Sechsjahrmolars distal der bei Neutralbisslage genannten Referenzstruktur mit dem Unterkiefer okkludiert. Im Frontzahnbereich kommt es häufig zum Kopfbiss oder Kreuzbiss, also einem negativen Overjet.

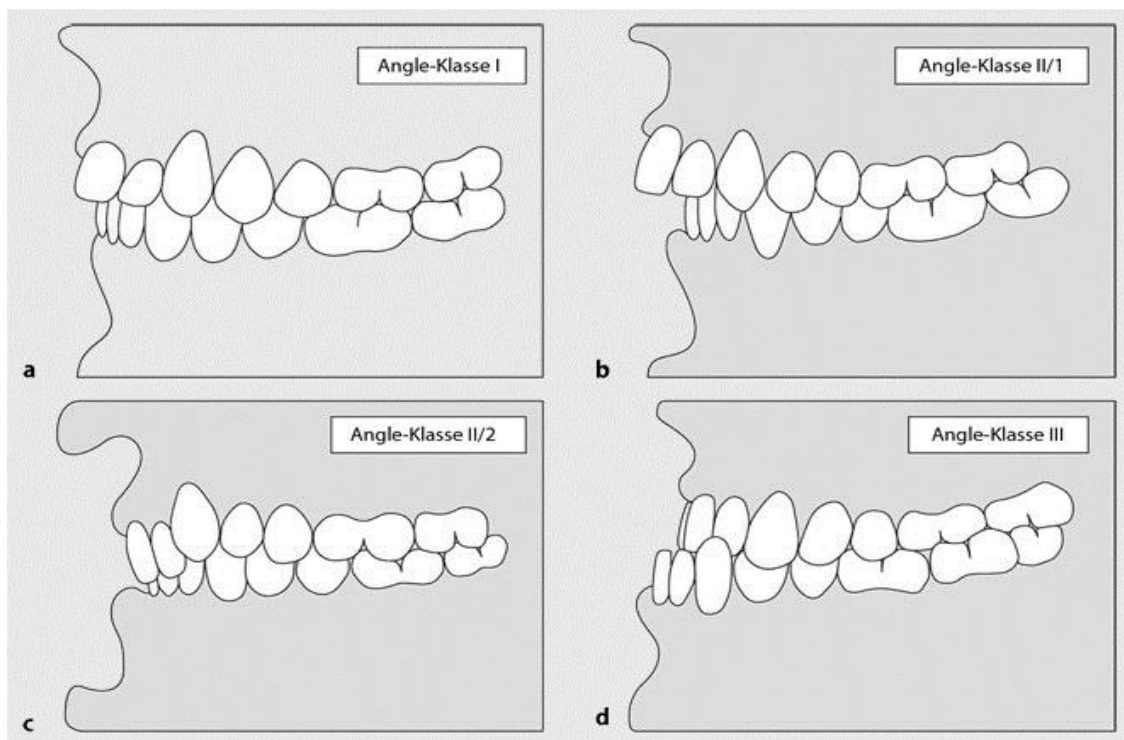


Abbildung 2: Graphische Darstellung der Angle Klassen I – III

Quelle: Grundmann, 2013

## 2.2 Die erste Wechselgebissphase

Die erste Wechselgebissphase wird durchschnittlich im Alter von sechs Jahren mit dem Durchbruch des ersten bleibenden Molars, dem sogenannten Sechsjahrmolars, zumeist im Unterkiefer eingeleitet. Dieser nimmt seinen Platz distal des zweiten Milchmolars ein und sorgt bei dem Kind nach vollständiger Einstellung für die erste physiologische Bisshebung (Schopf, 1991). Komplikationen während des Zahnwechsels können jedoch dazu beitragen, dass es bereits in der frühen Phase des ersten Wechselgebisses zu Fehlstellungen

und Engständen kommt. Ist z.B. die physiologische Größe des zweiten Milchmolars durch Karies in sagittaler Richtung verringert oder ist dieser Zahn sogar vorzeitig verloren gegangen, so führt das häufig zu einer unphysiologisch, mesialen Einstellung des ersten bleibenden Molars, auch „Aufwanderung“ genannt. Die daraus resultierenden Platzunterschüsse für später durchbrechende Eckzähne und Prämolaren werden als sekundärer Engstand bezeichnet (Stöckli et al., 1994). Eine weitere Komplikation in der ersten Wechselgebissphase ist das verzögerte, oft unzureichende sagittale Wachstum des Retromolarenfeldes, wodurch der erste bleibende Molar mangels Platzangebots sich unter den zweiten Milchmolaren lagert und wächst. Dadurch werden die Wurzeln des Milchmolars vorzeitig resorbiert, welches als „unterminierende Resorption“ bezeichnet wird. Das daraus resultierende Platzdefizit wird als primärer Engstand betitelt. Nicht selten kann es auch bei vorzeitigem Verlust des ersten Milchmolaren zur Entwicklung eines sekundären Engstands führen, der durch den wachstumsbedingt, nach mesial gerichteten Druck der ersten und zweiten Molarenkeime auf den zweiten Milchmolaren eine Wanderung bzw. Kippung dessen in die entstandene Lücke verursacht. Diese Komplikationen resultieren immer in einer Einengung der Stützzone, deren distales Ende, wie bereits erwähnt, durch den mesialen Approximalkontakt des ersten Molars gekennzeichnet wird. Die größten Komplikationen bzw. Engstände sind bei vorzeitigem Verlust beider Milchmolaren zu erwarten. Zur Vermeidung sekundärer Engstände werden in der Zahnmedizin deshalb schon seit einiger Zeit Geräte eingesetzt, sogenannte Platz- oder Lückenthalter, die, wie der Name schon sagt, dafür Sorge tragen sollen, den Platz oder die Lücke des verlorengegangenen Milchzahns für dessen Nachfolger offen zu halten.

Im transversalen Raum wird die erste Wechselgebissphase mit dem Durchbrechen des ersten und zweiten Inzisivus fortgeführt und abgeschlossen. Diese nehmen den vorhandenen Platz im Zahnbogen zwischen den noch in situ befindlichen Milcheckzähnen ein. Idealerweise kommt es in der späten Nutzphase der Milchschnidezähne zu einer leichten Lückenbildung in der Front, die durch den Wachstumsdruck der Nachfolger bedingt wird. Unterbleibt dieser „Drift“, kann es ebenso wie im Seitenzahnbereich zu einer Resorption der Wurzeln des benachbarten Milchzahns führen. So resorbiert der mittlere bleibende Schneidezahn nicht nur die Wurzel des mittleren Milchinzisivi, sondern

auch die des seitlichen Milchschnidezahns. Des Weiteren resorbiert der seitliche Schneidezahn den Milcheckzahn und erzwingt dadurch ebenfalls dessen vorzeitigen Verlust. Folge dieser unterminierenden Resorptionen im Schneidezahngebiet ist ebenso ein primärer Engstand. Im Gegensatz zum Seitenzahnbereich, resultiert daraus zunächst im anterioren Zahnsegment ein Platzüberschuss. Gehen beide Milcheckzähne vorzeitig verloren, fächern sich die bleibenden Schneidezähne auf und nehmen annähernd den gesamten Platz ein. Fällt nur ein Milcheckzahn frühzeitig aus, wandern die bleibenden Schneidezähne in den entstandenen Raum hinein und es entsteht eine alveoläre Mittellinienverschiebung. Ebenso möglich ist es, dass die Milchmolaren nach vorzeitigem Milcheckzahnverlust durch den Druck der bleibenden Molarenkeime nach mesial in die Lücke gedrängt werden, was einen vollständigen Platzverlust für den bleibenden Eckzahn bedeuten kann.

Der vorzeitige Verlust von Milchschnidezähnen führt somit nicht, wie im Seitenzahnggebiet, zu einer transversalen Einengung der Platzverhältnisse und stellt deshalb keine Indikation für den Einsatz einer Lückenthalterapparatur dar.

### 2.3 Ruhephase und zweite Wechselgebissphase

Die erste Wechselgebissphase gilt mit vollständigem Durchbruch der seitlichen Inzisivi im Alter von ca. acht Jahren als abgeschlossen. Auf sie folgt eine etwa zwei jährige Ruhephase, in der üblicherweise kein weiterer Zahnwechsel stattfindet. Obwohl in dieser Phase klinisch also weitestgehend Stillstand herrscht, findet im Retromolarenfeld distal der ersten bleibenden Molaren ein remodellatorisches Wachstum beider Kiefer statt. Dieses ist notwendig um für die stetig wachsenden zweiten und ggfls. dritten Molaren den erforderlichen Platz zu schaffen. Gerade in dieser Wachstumsphase üben die sich entwickelnden Zahnkeime der beiden letzten Molaren einen nach mesial gerichteten Druck auf die bereits vorhandenen ersten Molaren und die Zähne der Stützzone aus. Geht dort in dieser Zeit Hartsubstanz teilweise oder sogar vollständig verloren, kommt es unter Umständen zur Wanderung und Kippung der ersten bleibenden Molaren in den freiwerdenden Raum. Dies hat wiederum einen Platzverlust für die Prämolaren und Eckzähne zur Folge.

Die zweite Wechselgebissphase beginnt ca. im Alter von zehn Jahren und dauert etwa drei Jahre. Sie gilt mit der vollständigen Einstellung in Okklusion des zweiten Molaren als abgeschlossen. Dies geschieht in der Regel im Alter von zwölf Jahren, wodurch der zweite bleibende Molar auch den Namen „zwölf-Jahr-Molar“ trägt. Zuvor findet jedoch der Zahnwechsel im Bereich der Stützzone statt. Der Zahnwechsel verläuft dabei in Ober- und Unterkiefer in unterschiedlicher Reihenfolge. Im Oberkiefer eruptieren meistens zunächst die Prämolaren, gefolgt vom Eckzahn. Bei dieser Reihenfolge kann es unter Umständen zu Komplikationen kommen, da sich oftmals die Eckzähne in einer dystopen Position einstellen. Im Unterkiefer bricht als erstes der Eckzahn durch, bevor die beiden Prämolaren folgen. In der Gebissentwicklung gilt die zweite Wechselgebissphase mit dem Zahnwechsel in der Stützzone als störanfällig. Maßgeblich für einen regelrechten Ablauf sind das Zahnbreitenverhältnis von Milch- zu bleibenden Zahnkeimen, die Durchbruchreihenfolge und das harmonische Verhältnis der Resorption der Milchzahnwurzeln zum Mineralisationsgrad der Wurzeln der bleibenden Zähne (Hotz, 1994).

#### 2.4 Milchzahnmorphologie und Breitenverhältnisse zur zweiten Dentition

Die Zahnmorphologie der Milchzähne unterscheidet sich sowohl anatomisch in Größe und Form als auch im histologischen Aufbau von der permanenten, zweiten Dentition. Bei den Schneidezähnen sind die Kronen kürzer, kleiner und meißelförmig ausgebildet mit einer ausgeprägten zervikalen Schmelzwulst. Milchmolaren haben im Vergleich eine deutlich schmäleres und flächigeres Okklusallrelief mit einem nach okklusal sehr stark konvergierenden Äquator. Die Approximalkontakte sind flächiger und weisen einen dünneren Hartschmelzmantel auf. Die Wurzeln sind kürzer und stärker gekrümmt. Das Pulpakavum ist prozentual deutlich größer und besitzt ausgedehnte Pulpahörner. Im Unterschied zur permanenten Dentition findet man an der Oberfläche eine 30-100 µm dicke aprismatische Schmelzschicht und insgesamt einen geringeren Mineralgehalt, sodass der Milchzahn einem höheren Abrasionsgrad unterliegt (Hellwig et al., 2009). Milchzähne tragen durch ihre Größe und Form den zunächst noch kleinen und schmalen Kiefern Rechnung. Ihre Funktion ist es den darunterliegenden Zahnkeim der zweiten Dentition zu schützen, die

Durchbruchsgeschwindigkeit zu steuern, die Kaufunktion zu gewährleisten, Ästhetik und Phonetik aufrechtzuerhalten und zu entwickeln sowie nicht zuletzt Platz für den Nachfolger offen zu halten.

## 2.5 Definition und Ursachen vorzeitigen Milchzahnverlusts

Als vorzeitiger Milchzahnverlust wird ein Verlust des Zahnes mindestens ein Jahr vor seiner physiologischen Exfoliation und der Eruption des permanenten Nachfolgers definiert (Einwag et al., 2022). Die oben beschriebenen Aufgaben, die der Milchzahn während seiner Nutzungsphase bis zum Zeitpunkt des Zahnwechsels durch seinen Nachfolger übernimmt, können durch verschiedene Ursachen beeinträchtigt werden und die weitere Entwicklung des Kindes beeinflussen. Insbesondere im Bereich der Stützzonen kann der vorzeitige Verlust eines oder mehrerer Milchzähne nicht ohne Folgen bleiben. Zu den häufigsten Ursachen des frühzeitigen Milchzahnverlusts gehören Karies, unterminierende Resorptionen, Traumata und Ankylosen der Milchmolaren.

### 2.5.1 Karies

Die Zahnkaries gehört global betrachtet zu der mit Abstand häufigsten Erkrankung der Zahnhartsubstanzen und ist dabei als bakteriell übertragbare Infektionskrankheit ein nicht zu unterschätzendes gesundheitsgefährdendes Risiko der ganzen Gesellschaft (Petersen et al., 2005). Meist schon in den ersten Lebenswochen findet dabei eine Übertragung des pathogenen Keims *Streptococcus mutans* auf das junge Kind statt. Die häufigsten Übertragungen werden beim Füttern des Kindes durch Speichelrückstände am Löffel bereits infizierter Personen sowie durch Küsse verursacht. Ist es zu einer solchen Übertragung von *Streptococcus mutans* gekommen, ist die erste Phase der Primärbesiedlung bereits abgeschlossen. Die ersten Demineralisationsprozesse auf der Zahnoberfläche im Schmelz, werden jedoch durch einen pH-Wert-Abfall des Biofilms (Plaque) bedingt. Dieser zu Beginn noch reversible Demineralisationsprozess lässt sich durch eine bakterielle Metabolisierung von Mono- und Disacchariden sowie hydrolyisierbaren Polysacchariden und einer dadurch bedingten pH-Wert-Senkung erklären. Das daraus entstehende Produkt

organischer Säuren wie zum Beispiel dem Laktat führt so zur Demineralisierung der Zahnhartsubstanz (Bowen et al., 2018). Bereits Keyes und König beschrieben die Karies als multifaktorielle Erkrankung mit den Hauptfaktoren Wirt, Substrat, Plaque und Zeit (Keyes, 1962; König, 1971). Neben den genannten Hauptfaktoren gibt es weitere Co-Faktoren die, die Kariesentstehung begünstigen. Hierzu zählen der Speichelfluss, die Speichelzusammensetzung, die Pufferkapazität des Speichels, die Immunabwehr, die Nahrungsmittelkonsistenz, die Häufigkeit der Substratzufuhr, Zahnfehlstellungen sowie sozioökonomische und verhaltensbezogene Komponenten.

Zu den häufigsten Ursachen des vorzeitigen Verlusts eines Milchzahns gehört mit Abstand die ausgedehnte Form einer Karies ohne Möglichkeit der konservierenden oder prothetischen Therapie. Begünstigt wird die schnelle Ausbreitung des kariösen Defekts durch kohlenhydrathaltige Ernährung in Kombination meist schlechter bzw. eingeschränkter Mundhygiene im Kindesalter. Die bereits beschriebenen flächigen Approximalkontakte der Milchmolaren und die dünne Schmelzummantelung tragen ebenso zum schnellen Fortschreiten kariöser Läsionen bei. Sehr oft werden Zahnhartsubstanzdefekte erst nach vollständigem Einbruch der Läsion und Auflösung des Approximalkontakts entdeckt und behandelt. Je früher es zu solchen Destruktionen kommt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit einer Pulpeninfektion. Wird der betroffene Milchzahn dann symptomatisch, oft auch erst nach erfolgter konservierender Füllungstherapie, bleibt in den meisten Fällen neben der Milchzahnendodontie nur noch die Extraktion des Milchzahns (Hellwig et al., 2009).

### 2.5.2 Unterminierende Resorption

Werden Milchzahnwurzeln nicht von dem physiologisch nachfolgenden Zahn sondern von einem benachbarten, durchbrechenden, bleibenden Zahn an- bzw. vollständig resorbiert, spricht man von einer unterminierenden Resorption. Ein bleibender Zahn führt somit zur Auflösung der Wurzeln von Milchzähnen. Oftmals sind die Milchzahnwurzeln im Stützzonenbereich von solchen Resorptionen betroffen, da hier eine große Diskrepanz zwischen dem erheblichen Raumbedarf der bleibenden 6er und 3er und dem geringen Platzangebot in der Stützzone

vorliegt. Insbesondere die Resorption des zweiten Milchmolaren durch den ersten bleibenden Molaren sowie ein früher Verlust der Milcheckzähne bei Durchbruch der lateralen Schneidezähne oder aber ein früher Verlust des seitlichen Milchschnidezahns wegen des Durchbruchs des bleibenden mittleren Inzisivus sind als häufige Beispiele zu nennen (Stöckli et al., 1994; Einweg et al., 2022).

### 2.5.3 Traumata

Durch das im Vergleich zum bleibenden Zahn deutlich kompaktere Kronen-Wurzel Verhältnis im Milchgebiss sind sowohl intra- als auch extraalveoläre Frakturen von geringerer Prävalenz. Statistische Häufungen finden sich eher bei Luxationen und Intrusionen, die durch den noch verhältnismäßig elastischen Alveolarfortsatz erklärbar sind. Doch gerade in den ersten Lebensjahren, beim Erlernen des Stehens, Gehens und Rennens kommt es bei Kindern häufig zu unkalkulierbaren Stürzen, zu dessen Folgen auch Zahntraumata zählen. In exponierter Lage befinden sich insbesondere die oberen und unteren Schneidezähne. Gerade im frühkindlichen Alter von zwei bis drei Jahren sind die Frontzähne aus phonetischen, sozialen und psychischen Gesichtspunkten von Bedeutung. Zwar endet ein Sturz nicht immer in der Avulsion eines Zahnes und somit dem unmittelbaren Verlust, doch auch komplizierte Kronenfrakturen mit Beteiligung der Pulpa enden oft in der Devitalisierung der Pulpa, apikaler Ostitis und somit nicht zuletzt auch in der Extraktion des betroffenen Zahns. Verletzungen, die nach dem fünften Lebensjahr in der vorderen Milchdentition auftreten sind im Gegensatz dazu meist therapeutisch unerheblich, da die Milchzahnwurzeln zu diesem Zeitpunkt größtenteils resorbiert sind und der Zahnwechsel in der Regel unmittelbar bevorsteht. In der bleibenden Dentition ist mit keinen Folge- bzw. Entwicklungsproblemen zu rechnen.

### 2.5.4 Ankylose der Milchmolaren

Generell wird die Ankylose eines Zahnes als eine Verschmelzung zwischen Wurzelzement und Knochen definiert. Röntgenologisch kann ein verringerter oder fehlender Parodontalspalt auf eine Ankylose hinweisen. Manchmal

ankylosieren Milchzähne, insbesondere Milchmolaren, während des fortschreitenden Resorptionsprozesses der Milchzahnwurzeln durch den nachfolgenden Zahn. Die Resorptionsvorgänge der Milchzahnwurzeln sind in Aktiv- und Ruhephasen unterteilt. Während in der aktiven Phase Makrophagen und Bindegewebszellen für den Abbau von Desmodont zuständig sind und Dentoklasten gleichzeitig Zement und Dentin der Milchzahnwurzel abbauen, werden in der Ruhephase sogenannte Lakunen in der Wurzeloberfläche mit Zement repariert und neues Desmodont gebildet. Bei ausbleibender bindegeweblicher Entwicklung, führen die Reparationsprozesse lokal zur direkten Knochen-Wurzel-Verbindung. Als Folge daraus, können die dann ankylosierten Zähne mit dem vertikale Alveolarwachstum nicht mehr schritthalten und es bilden sich klinisch sichtbar okklusale Stufen zu den Nachbarzähnen aus. Das heißt, das Kontaktpunktniveau zu den Nachbarzähnen wird deutlich unterschritten und die distal liegenden Zähne wandern auf. Ein häufiges Problem ist der Stützzonenverlust durch Ankylose des zweiten Milchmolaren bei gleichzeitiger mesialer Aufwanderung des Sechsjahrmolars (Stöckli et al., 1994).

## 2.6 Folgen des vorzeitigen Milchzahnverlust

Wie bereits im vorangegangenen Kapitel erläutert, können die Folgen eines vorzeitigen, unphysiologischen Milchzahnverlusts vielfältig und mit zum Teil weitreichenden Konsequenzen für die Entwicklung der zweiten Dentition verbunden sein. Die weiteren möglichen Auswirkungen werden im Folgenden in allgemeine und lokale Komplikationen untergliedert.

### 2.6.1 Allgemeine Folgen

Der Verlust eines oder mehrerer Milchzähne im Seitenzahnggebiet kann leicht zum Verlust der sagittalen Abstützung und somit zum Einbruch der Stützzone führen. Durch das Hineinkippen und Einwandern von Nachbarzähnen entsteht meist ein deutliches Platzdefizit für den oder die entsprechenden Nachfolger. Je nach Schweregrad und Zeitpunkt des entstandenen Engstands im Seitenzahnggebiet resultieren daraus klinisch Retentionen oder Dystopien von Prämolaren und/oder Eckzähnen. Auch in der vertikalen Richtung gilt es

mögliche Folgen zu beachten. Verminderte oder sogar fehlende Abstützung in der Vertikalen kann schnell eine Elongation des Antagonisten oder gleich einen totalen Verlust des gesamten Bisses an vertikaler Höhe bedeuten. Weitere Folgen davon können Okklusions- und Artikulationsstörungen sein, die im schlimmsten Fall eine korrekte Einstellung von Ober- und Unterkiefer zueinander verhindern und sich zu diversen Malokklusionen wie z.B. dem lateralen Kreuzbiss entwickeln. Der Zeitpunkt des Milchzahnverlusts nimmt dabei auf die Entwicklung und Durchbruchsgeschwindigkeit des Nachfolgers ebenso Einfluss. Geht der Milchzahn bereits mehr als 1,5 Jahre vor seinem physiologischen Zeitpunkt verloren oder bestehen Wachstumshemmungen durch eine dichte, nicht durchgebrochene Randzone über dem Zahnkeim, so ist eine Durchbruchsverzögerung des nachfolgenden Zahnes die Folge. Im Gegensatz dazu wird die Durchbruchsgeschwindigkeit des permanenten Zahnes beschleunigt, wenn sich der frühzeitige Verlust des Milchzahns im Zeitfenster von etwa zwölf bis sechs Monaten ereignet. Gleiches gilt für den Einbruch der knöchernen Randzone über dem bleibenden Zahnkeim, der durch eine bestehende apikale Ostitis des Milchzahns bedingt werden kann. In Abhängigkeit des Zeitpunkts des Milchzahnverlusts kann es folglich also sowohl zu einem verzögerten als auch beschleunigten Zahnwechsels kommen (Schopf, 2008).

## 2.6.2 Lokale Folgen

Je nachdem welcher Milchzahn frühzeitig verloren geht lassen sich unterschiedliche Auswirkungen und Folgen beobachten.

### 2.6.2.1 Verlust der Milchzahnfront

Nach dem Verlust einzelner Milchschnidezähne sind zunächst keine negativen Folgen und damit keine explizite Platzsicherung indiziert. Besteht jedoch bereits ein primärer Engstand, resorbiert der nachfolgende Schneidezahn oftmals vorzeitig die Wurzel des benachbarten Milcheckzahns und bedingt dadurch ebenfalls dessen frühzeitigen Verlust. Als Folge können eine Mittellinienverschiebung und phonetische Entwicklungsstörungen entstehen (Nadelman et al., 2021). Gehen im Rahmen einer ECC2 (Early-Childhood-

Caries) durch zumeist übermäßigen Konsum von gesüßten Getränken durch die „Kinderflasche“ die gesamten OK- und UK-Schneidezähne verloren, sind dadurch größere phonetische Entwicklungsstörungen zu erwarten und sollten entsprechend therapiert werden (Jin et al., 2003).

#### 2.6.2.2 Verlust der Milchmolaren

Wird der erste Milchmolar vorzeitig verloren, kann es durch einen Mesialdrift des zweiten Milchmolars und des bleibenden 6ers zur Stützzoneeinengung kommen. Die Gefahr besteht insbesondere, wenn keine Neutralbisslage vorliegt und ist im Oberkiefer deutlich ausgeprägter als im Unterkiefer. Ebenso können der Milcheckzahn und die bleibenden 1er und 2er nach distal in die Lücke wandern, sodass neben der Einengung der Stützzone auch eine Mittellinienverschiebung resultieren kann.

Bei Verlust des zweiten Milchmolaren ist mit einer raschen mesialen Migration des bleibenden 6ers innerhalb weniger Wochen zu rechnen. Dieser Effekt wird ebenfalls durch eine instabile Verzahnung begünstigt. Der intramaxilläre Platzverlust entsteht dabei zuerst mit dem Vorkippen des 6ers und anschließender Mesiorotation. Dieser Prozess läuft im Unterkiefer wiederum langsamer ab als im Oberkiefer. Als schwerwiegendste Folgen sind dabei die Veränderungen der Okklusion und der sich einstellende Kreuzbiss der Molaren zu nennen. Die ersten Milchmolaren gehören zu den am häufigsten fehlenden Milchzähnen (Selvabalaji et al., 2022).

#### 2.7 Lückenthalertherapie

Bereits 1887 beschrieb Davenport den Platzverlust in der Stützzone als direkte Folge des vorzeitigen Verlusts eines Milchmolaren (Davenport und Isaac, 1887). Wie bereits in den vorherigen Kapiteln beschrieben, können die Folgen eines vorzeitigen Milchzahnverlusts bei gleichzeitiger Unterversorgung der entstandenen Lücke vielschichtig und zum Teil schwerwiegend sein. Die Indikation und Gestaltung von Lückenhaltern bei vorzeitigem Milchzahnverlust wird u.a. von Harzer et al. beschrieben (Harzer et al., 2004). Das Einbringen eines Lückenhalters unterliegt bisher noch keiner großen Evidenz (Laing et al.,

2009). Eine klinische Anwendungsempfehlung wurde u.a. von Watt sowie Krämer gegeben (Watt et al., 2018; Krämer, 2022). Lückenhalterapparaturen können fest oder herausnehmbar, einseitig oder beidseits eingebracht werden. Einen Vergleich zwischen festsitzenden und herausnehmbaren Lückenhalterapparaturen beschreibt Lauenstein-Krogbeumker durch eine Beobachtungsstudie in einer Kinderzahnarztpraxis in Deutschland (Lauenstein-Krogbeumker, 2020). Im Folgenden werden die häufigsten Lückenhalter im klinischen Gebrauch näher beschrieben und unterschieden.

### 2.7.1 Festsitzende Apparaturen

Unter festsitzenden Lückenhaltern versteht man das dauerhafte, feste Einbringen einer Band- und/oder Draht-Schlaufen-Apparatur die entweder mittels eines Glasionomerezements zementiert oder durch Säure-Ätz-Technik adhäsiv an einem der Nachbarzähne befestigt wird.

Festsitzende Lückenhalter eignen sich überwiegend zur Überbrückung einzelner Schalllücken oder insbesondere Freiendsituationen, die in der Literatur auch als sog. „distal shoe“ bezeichnet werden. Dieser wird klinisch dann zum Einsatz gebracht, wenn es noch vor Durchbruch des 6ers zum vorzeitigen Verlust des zweiten Milchmolars gekommen ist. Der sog. „distal shoe“ besteht aus einem zementierten oder adhäsiv befestigten Metallband um den ersten Milchmolaren, an dessen distalen Ende eine Draht-Schlaufen-Konstruktion so angepasst wird, dass zum einen der Platz des verlorengegangenen zweiten Milchmolaren ausgefüllt wird und zum anderen durch eine disto-kaudale Schlaufe in der entstandenen Alveole, ein regelrechtes Durchbrechen des 6ers sicherstellt.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch zwei Röntgenaufnahmen einer „distal shoe“ Apparatur, vor und nach Durchbruch des ersten bleibenden Molars.

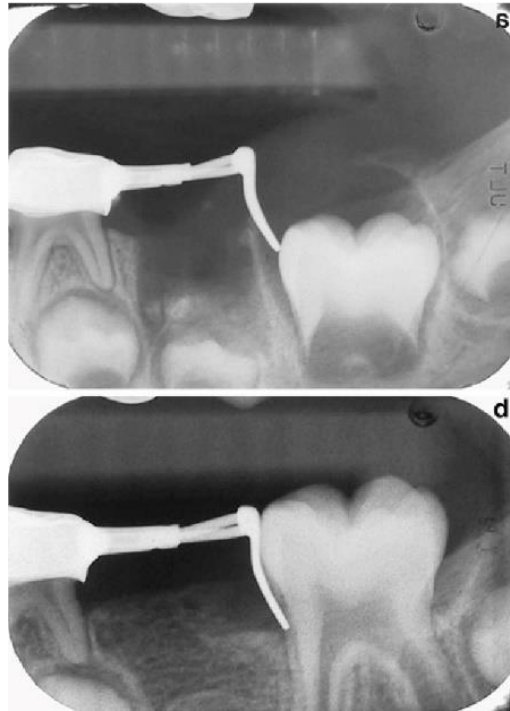


Abbildung 3: Röntgenaufnahmen einer „distal shoe“ Lückenthalterapparatur  
Quelle: Nouri und Kennedy, 2013

Die Vorteile dieser Apparatur liegen in der Durchbruchssteuerung des 6ers und der sofern einmal befestigt nicht mehr von der Mitarbeit des Patienten abhängigen Erfolgsquote. Jedoch sind genau hier auch die Nachteile zu sehen, da nur durch eine ausreichende Mitarbeit des Patienten eine langfristige Positionierung durch den Behandler mittels SÄT (Säure-Ätz-Technik) oder Zementierung gewährleistet werden kann. Davydov untersuchte die klinische Eignung der verschiedenen festsitzenden Lückenthalterapparaturen. Dabei gehörte Debonding zu den häufigsten Komplikationen bei festsitzenden Lückenthalterapparaturen (Davydov et al., 2015). Ein weiterer Nachteil ist die Zunahme von Plaqueretentionsstellen und der damit einhergehenden erhöhten Kariesgefahr und Gingivopathien. Des Weiteren erfordert diese Therapieform ein engmaschiges Recall, da eine Durchbruchsbehinderung der nachfolgenden Zähne unbedingt vermieden werden muss. Auch Überlastungen der Ankerzähne zählen hier zu den negativen Auswirkungen einer „distal shoe“ Apparatur.

### 2.7.2 Herausnehmbare Apparaturen

Im Unterschied zu den festsitzenden Lückenhaltern lassen sich durch den herausnehmbaren Lückenhalter beliebig viele Zähne/Lücken ersetzen bzw. offenhalten und das sowohl uni- als auch bilateral. Die herausnehmbare Plattenapparatur wird immer individuell auf die gegebene Situation angepasst. Sie bestehen ähnlich wie herausnehmbarer Zahnersatz in der Basis aus dem Kunststoff Polymethylmethacrylat (PMMA) und werden mit Hilfe von Metallklammern als Halteelemente am Restzahnbestand fixiert. Die Vorteile gegenüber den festsitzenden Apparaturen sind zum einen die erleichterte Reinigung sowie eine Vielzahl von Anpassungs- und Erweiterungsmöglichkeiten. So kann beispielsweise mittels einer transversalen Dehnschraube Einfluss auf das Kieferwachstum genommen werden.



Abbildung 4: Bilateraler herausnehmbarer Lückenhalter mit transversaler Dehnschraube im Oberkiefer

Quelle: Zahnklinik Marburg, Abteilung Kieferorthopädie

Ein weiterer nicht außer Acht zulassender Aspekt ist die überwiegende Kostenübernahme durch die gesetzlichen Krankenkassen.

Jedoch hat die herausnehmbare Apparatur den großen Nachteil, dass die erfolgreiche Therapie nur dann gelingen kann, wenn der Lückenhalter auch regelmäßig getragen wird, sodass eine engmaschige Kontrolle durch den Behandler unerlässlich ist. Erfolg oder Misserfolg liegen somit maßgeblich in den Händen des Patienten und nicht beim Behandler.

### 3 ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG

Eine Versorgung mit Lückenhalter gilt in der aktuellen Literatur als erfolgreich, wenn bei Nachkontrollen keine Veränderung der Apparatur dokumentiert wird und es zu keinem Verlust, Defekt oder einer Erneuerung gekommen ist. In Folge dessen stellt sich ein Misserfolg als vollständige oder teilweise Veränderung der Lückenhalterapparatur dar. Im Rahmen einer retrospektiven Datenanalyse sollte zunächst erfasst werden wie viele Lückenhalter in der Abteilung für Kieferorthopädie der Zahnklinik Marburg in einem bestimmten Zeitraum angefertigt wurden. Weiterhin standen folgende Hypothesen zur Überprüfung.

Hypothese 1: Das Überleben eines Lückenhalters hängt nicht vom Geschlecht des Patienten ab.

Hypothese 2: Das Überleben eines Lückenhalters ist von der Gesamttragedauer unabhängig.

Hypothese 3: Das Überleben eines Lückenhalters hängt nicht vom dmft-Wert des Patienten ab.

Hypothese 4: Das Überleben eines Lückenhalters hängt nicht von der Mundhygiene des Patienten ab.

Weiterhin sollte der Erfolg mit folgenden Variablen in Zusammenhang gebracht werden:

- Anzahl der Besuche
- vorausgegangene zahnärztliche Anamnese
- Mitarbeit
- allgemeine Anamnese
- Ober-/Unterkieferplattenapparatur
- regelmäßiges Tragen
- Passung
- Bruchdefekten
- Verlust des Lückenhalters

## 4 MATERIAL UND METHODEN

Es handelt sich bei der vorliegenden Arbeit um eine retrospektive Datenerhebung ohne personenbezogene Details, die zur Untersuchung und Evaluation von Lücken- bzw. Platzhaltern diente. Das Vorhaben wurde der Ethikkommission der Universität Marburg angezeigt (Aktenzeichen Az.: EK\_MR\_24\_01\_20\_jablonski-momeni). Das Überleben der angefertigten Apparaturen sollte anhand verschiedener Parameter ermittelt und zusätzlich überprüft werden, welche Apparatur wie oft zum Einsatz gekommen ist und ob das gewünschte Therapieziel erreicht wurde.

### 4.1 Studiendesign

1. Auswahl der Patientenakten
2. Sichtung der Daten/Patientenakten
3. Festlegung des Beobachtungszeitraums
4. Datenerfassung
5. Statistische Auswertung

### 4.2 Auswahl der Patientenakten

Beobachtungseinheit der Studie waren alle Kinder und Jugendliche im Alter von vier bis 18 Jahren, die am Universitätsklinikum Marburg in der Abteilung für Kieferorthopädie im Zeitraum vom 1.1.2010 – 31.12.2020 eine herausnehmbare Lückenthalerapparatur erhalten haben. Die Daten wurden anonymisiert aufgenommen und ohne aktuelle personenbezogene Nachfragen oder Nachuntersuchungen ausgewertet. Die erfassten Parameter zum Behandlungsablauf und den Behandlungsergebnissen wurden ausschließlich anhand der Einträge und registrierten Zahnbefunde aus den Patientenakten entnommen. Es wurden alle Lückenthalerapparaturen die im oben genannten Zeitraum verwendet worden sind erfasst. Nur Patienten, die sich ausschließlich im Universitätsklinikum behandeln ließen wurden in die Statistik übernommen.

### 4.3 Erfassung der Patientendaten

Die Erfassung der ausgewählten Parameter erfolgte ausschließlich in den dafür vorgesehenen Räumen des Universitätsklinikums in der Abteilung für Kieferorthopädie. Die Patientenakten lagen in digitaler Form vor und wurden seitens der Klinik durch systematische Suche nach Lückenhalterabrechnungsvermerken identifiziert und zusammengetragen.

Die verschiedenen zuvor festgelegten Parameter wurden zunächst in einer Excel-Tabelle eingetragen und zusammengeführt.

Folgende Parameter wurden erhoben:

### 4.4 Untersuchte Parameter

#### 4.4.1 Patientenbezogene Daten

##### Geschlecht:

männliche Patienten

weibliche Patienten

##### Geburtsdatum:

Das Alter des Patienten zur Lückenhaltertherapie wurde mit Hilfe des erfassten Datums der Erstbehandlung und des Geburtsdatums des Patienten, welches in Monat und Jahr angegeben wurde, ermittelt.

##### Datum der ersten Vorstellung:

Das Datum der ersten Vorstellung wurde zur Berechnung des gesamten Behandlungszeitraums aufgenommen.

##### Alter bei erster Vorstellung:

Das Alter des Patienten zum Zeitpunkt der ersten Vorstellung im Rahmen einer geplanten Lückenhalter Therapie wurde mit Jahr, Monat angegeben.

##### Datum erstes Tragen:

Das Datum des ersten Tragens der Lückenhalterapparatur wurde mit dem Eingliederungstermin gleichgesetzt und wird zur Feststellung des Alters des

Patienten zu diesem Zeitpunkt sowie zur Berechnung der Gesamttragedauer benötigt.

Alter erstes Tragen:

Das Alter beim ersten Tragen des Lückenhalter dient zur Ermittlung der Gesamttragedauer.

Gesamtanzahl der Besuche n codiert:

Die absolute Anzahl n der Recallbesuche wurde wie folgt zusammengefasst:

Anzahl der Besuche  $n < 9$

Anzahl der Besuche  $n 9 - 16$

Anzahl der Besuche  $n > 16$

Zahnärztliche Anamnese:

Unter der zahnärztlichen Anamnese wurde die Indikationsstellung bzw. die Ursache des Zahnverlusts und die sich somit ergebende Notwendigkeit zur Lückenhaltertherapie erfasst.

- Zahnverlust durch Karies
- Zahnverlust durch Nichtanlage
- Zahnverlust durch Retention oder Ankylose
- Zahnverlust durch Trauma
- Zahnverlust durch Extraktion in Folge von Platzmangel

Region der Zahnverluste:

Die zu versorgende Lücke bzw. Lücken wurden erhoben und mit entsprechender Zahnangabe entsprechend der internationalen Nomenklatur der FDI (Fédération Dentaire Internationale) festgehalten.

Datum des letzten Tragens:

Das Datum des letzten Tragens wird zur Ermittlung der Gesamttragedauer benötigt.

Gesamtragedauer in Jahren, Monaten:

Der Behandlungszeitraum zwischen Eingliederung und Tag des letzten Tragens wurde in Jahren und Monaten berechnet und angegeben.

Komplikationen:

Ereignisse, die zur Bewertung der Therapie führen, wurden wie folgt codiert:

- Komplikation 0 = Keine Komplikation
- Komplikation 1 = Lückenhalter wird nicht oder unregelmäßig getragen
- Komplikation 2 = Lückenhalter passt nicht mehr
- Komplikation 3 = Lückenhalterfraktur und Neuanfertigung
- Komplikation 4 = Lückenhalterverlust/Behandlungsabbruch

dmft/DMFT-Wert:

Durch die Auswertung der vor Behandlungsbeginn erstellten Röntgenbilder (zumeist Panoramaschichtaufnahme), intraoral aufgenommene Fotoaufnahmen und erhobene Zahnstatus konnte bei jedem Patienten ein detaillierter dmft/DMFT-Wert beschrieben werden.

- d (decayed) = Anzahl der kariösen Milchzähne
- m (missing) = Anzahl der fehlenden Milchzähne
- f (filled) = Anzahl der konservierend behandelten Milchzähne
- dmft = Summe aus d, m, f
- D (decayed) = Anzahl der kariösen bleibenden Zähne
- M (missing) = Anzahl der fehlenden bleibenden Zähne
- F (filled) = Anzahl der konservierend behandelten, bleibenden Zähne
- DMFT = Summe aus D, M, F

Zustand bei Endkontrolle:

Der Zustand bei Endkontrolle wurde unterteilt in Erfolg (Zensus) und Misserfolg (Event) und entsprechend codiert. Zensus (Erfolg) bedeutet, dass die Behandlung mit einer Lückenhalterapparatur komplikationslos verlaufen ist und das gewünschte Ergebnis erzielt wurde. Event (Misserfolg) bedeutet, dass die

Behandlung bedingt durch eine oder mehrere Ursachen fehlgeschlagen bzw. von mindestens einer Komplikation begleitet wurde.

#### 4.5 Statistische Auswertung

Die Daten wurden in einer Excel-Tabelle eingetragen und danach statistisch ausgewertet (Programm MedCal Version 19.6). Die sich daraus ergebenden Verteilungen und Häufigkeiten wurden in deskriptiver Weise dargestellt. Die Überlebensanalyse wurde anhand der statistischen Methode von Kaplan und Meier (1958) ausgewertet und die Überlebensfunktionen als Kaplan-Meier-Kurven dargestellt. Für Gruppenvergleiche wurde der Log-Rank-Test durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde  $p = 0,05$  festgelegt.

## 5 ERGEBNISSE

### 5.1 Patientenbezogene Daten

In der Studie wurden Daten von 62 Patienten erfasst. Der Beobachtungszeitraum lag zwischen 1.1.2010 und 31.12.2020. Das Patientenalter wurde in Jahren und Monaten dokumentiert.

#### Parameter Geschlecht:

Die geschlechterspezifische Verteilung und das Überleben der Lückenhalterapparatur sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Ergebnisse Parameter Geschlecht

	Ereignisse		Zensierungen		Gesamt
	Anzahl	%	Anzahl	%	
männlich	16	43,2	21	56,8	37
weiblich	13	52,0	12	48,0	25

#### Parameter Gesamttragedauer des Lückenhalters in Monaten:

Die durchschnittliche Tragedauer lag bei 20,1 Monate.

Bei der Berechnung der Tragedauer des Lückenhalters in Monaten wurde die Zeitspanne vom Zeitpunkt des ersten Tragens bis zum Zeitpunkt des letzten Tragens in Monaten errechnet. Die Gesamttragedauer lag zwischen drei und 63 Monaten. Abbildung 5 gibt das Überleben des Lückenhalters in den ersten 12 Monaten, bis 24 Monate und einem Tragezeitraum > 24 Monate an.

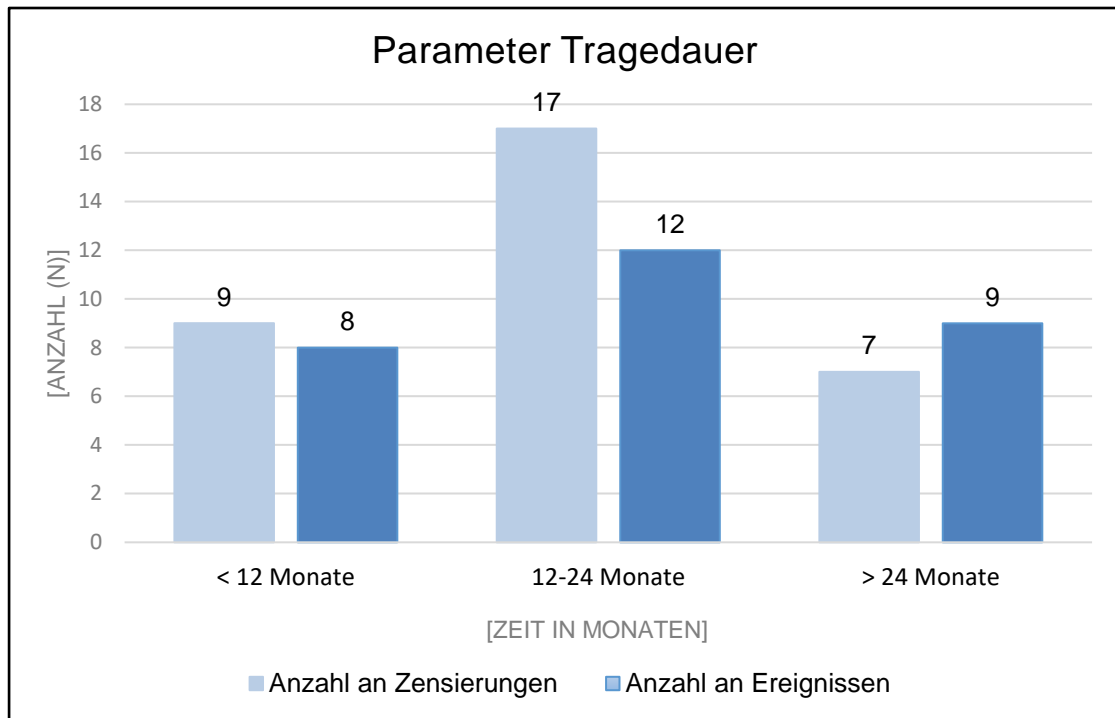


Abbildung 5: Absolute Verteilung Parameter Tragedauer

Parameter dmft-Wert:

Der durchschnittliche dmft-Wert lag bei 4,7. In Tabelle ist die absolute Verteilung des Parameters dmft-Wert ersichtlich.

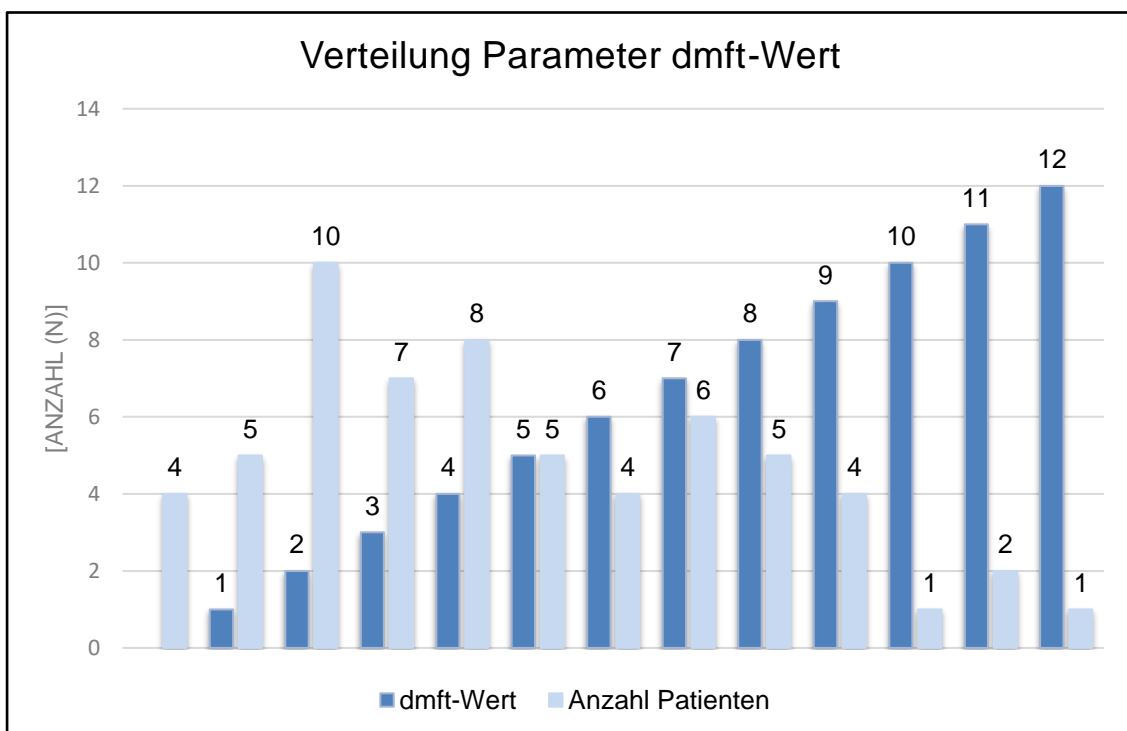


Abbildung 6: Verteilung Parameter dmft-Wert

Für Patienten mit einem dmft-Wert  $< 4$  ergab sich eine mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von 36,5 Monaten (Standardfehler 4,6 und 95% Konfidenzintervall 27,4 – 45,6). Bei den 28 Patienten mit einem dmft-Wert  $> 4$ , lag die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit bei nur 22,0 Monaten (Standardfehler 2,3 und 95% Konfidenzintervall 17,5 – 26,6).

Parameter Mundhygiene:

Die Ergebnisse des Einflusses der Mundhygiene auf das Überleben der Lückenhalterapparaturen veranschaulicht Abbildung 7.

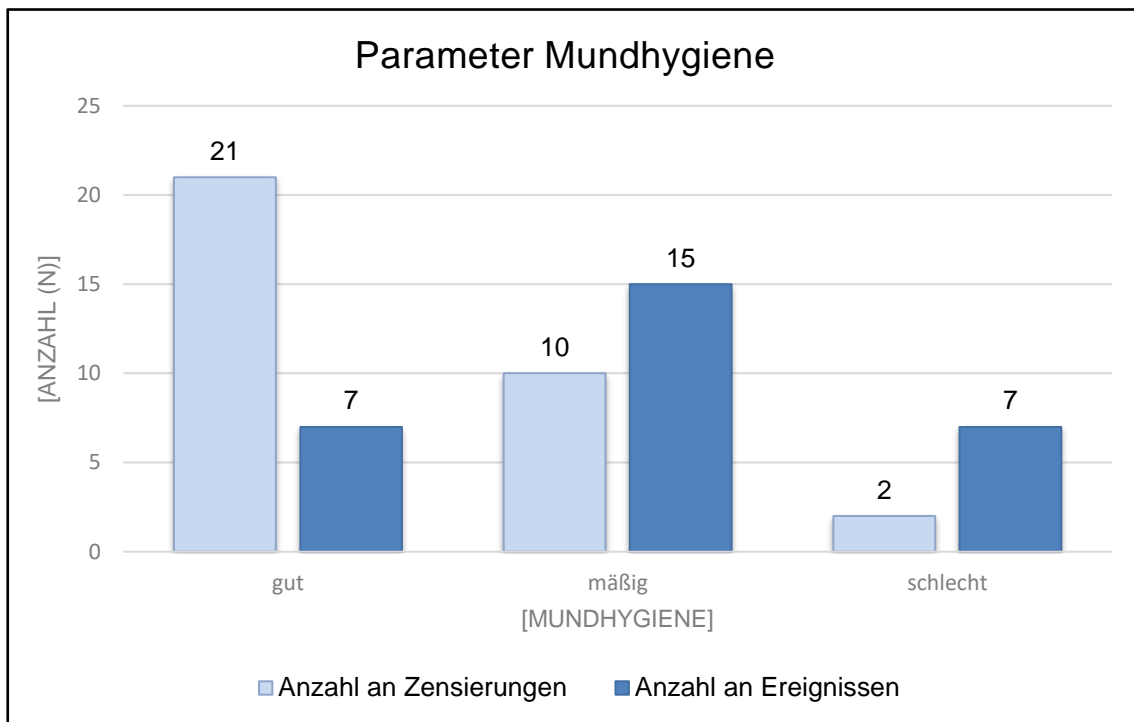


Abbildung 7: Verteilung Parameter Mundhygiene

Parameter Patientenalter:

Das Patientenalter zum Zeitpunkt der ersten Vorstellung, des ersten Tragens sowie des letzten Tragens wird in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Parameter zum Tragezeitpunkt in Jahren und Monaten

	Anzahl	Minimum	Maximum	Mean	Median
Alter bei erster Vorstellung	62	5,2	18,1	8,5	8,1
Alter beim ersten Tragen	62	5,4	18,2	8,9	8,4
Alter beim letzten Tragen	62	6,5	19,1	10,5	10,5

Parameter Anzahl der Besuche:

Im Durchschnitt lag die Besuchsanzahl bei 10,8. In Tabelle 5 ist ersichtlich, wie die Anzahl der Besuche im beobachteten Zeitraum verteilt war.

Tabelle 5: Verteilung Parameter Anzahl Besuche

	Anzahl	Anteil in %
Besuche n < 9	28	45,2
Besuche n 9 - 16	23	37,1
Besuche n > 16	11	17,7

Parameter zahnärztliche Anamnese:

Abbildung 8 beschreibt die prozentuale Verteilung der Ursachen die zum vorzeitigen Verlust der Zähne geführt haben.

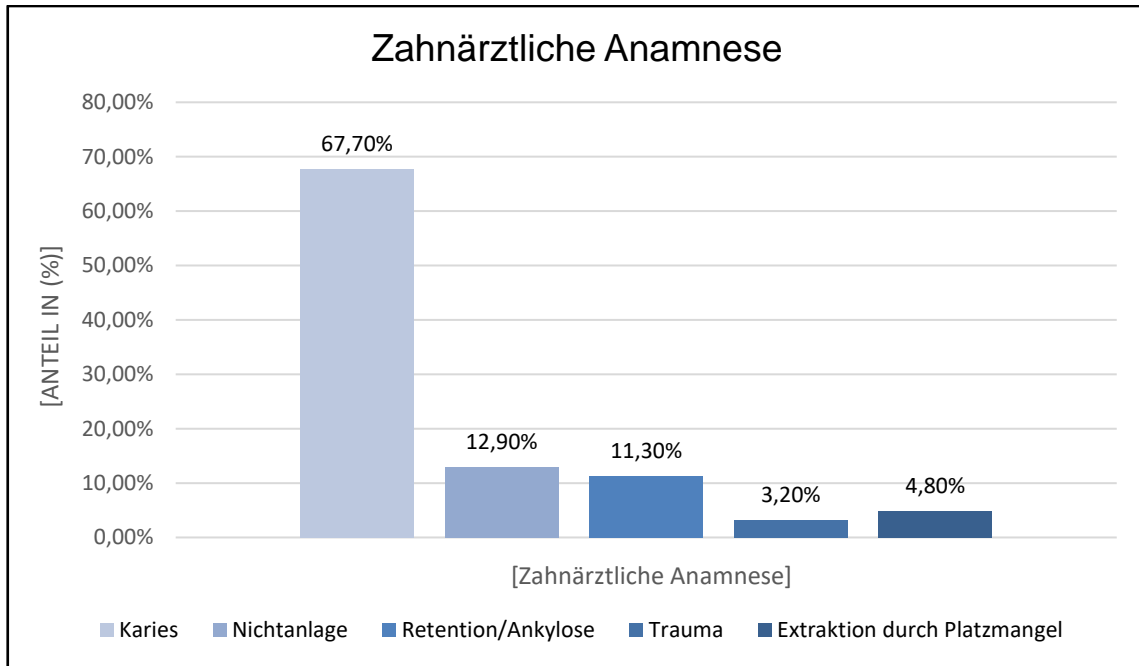


Abbildung 8: Prozentuale Verteilung Parameter zahnärztliche Anamnese

Parameter Anzahl fehlender Milchzähne:

Abbildung 9 zeigt bei wie vielen Patienten welche Anzahl an Milchzähnen fehlte. Angegeben wird die totale Anzahl der fehlenden Milchzähne bezogen auf die Patientenzahl. In 50% der untersuchten Fälle fehlten ein oder zwei Milchzähne.

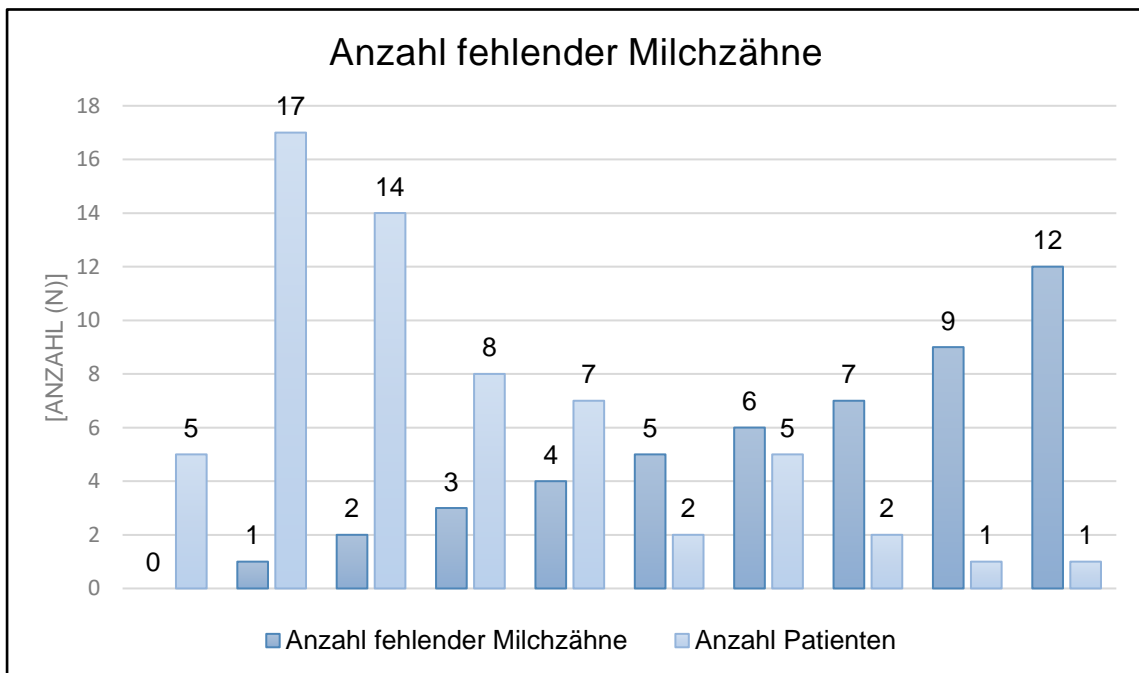


Abbildung 9: Verteilung Parameter Anzahl fehlender Milchzähne

Tabelle 6 zeigt die Anzahl der kariösen (d = decayed) und gefüllten (f = filled) und die prozentuale Verteilung der Milchzähne an. Mehr als die Hälfte (54,8%) aller Patienten wiesen einen kariesfreien (54,8%) und füllungsfreien (53,2%) Zahnstatus auf.

Tabelle 6: Verteilung Parameter d-Wert und f-Wert

d-Wert	Anzahl (n)	Anteil (%)
0	34	54,8
1	14	22,6
2	11	17,7
3	1	1,6
5	1	1,6
6	1	1,6
f-Wert	Anzahl (n)	Anteil (%)
0	33	53,2
1	8	12,9
2	11	17,7
3	4	6,5
4	3	4,8
5	3	4,8

Tabelle 7 listet die Gesamtzahlen der spezifisch fehlenden Milchzähne auf. Zu den am meisten betroffenen Milchzähnen gehören die unteren Milchmolaren gefolgt von den oberen Milchmolaren. Mit 41,3% fehlte ein erster Milchmolar am häufigsten. In 93,1% wurde ein Milchzahn aus dem Bereich der Stützzone (3 er, 4 er, 5 er) ersetzt.

Tabelle 7: Gesamtzahl und relative Verteilung fehlender Milchzähne

Milchzahn	5 er	4 er	3 er	2 er	1 er
Anzahl (n)	48	59	26	7	3
Anteil (%)	33,6	41,3	18,2	4,9	2,1

#### Parameter Mitarbeit:

Die Mitarbeit des Patienten wurde in drei Kategorien (gut, mäßig, schlecht) angegeben. 38 (61,3%) Patienten zeigten eine gute Mitarbeit, bei 16 (25,8%) Patienten war die Mitarbeit mäßig und bei weiteren acht (12,9%) Patienten wurde die Mitarbeit als schlecht beurteilt.

#### 5.2 Lückenhalterspezifische Ergebnisse

Im zweiten Ergebnisteil werden die statistischen Auswertungen beschrieben, die im direkten Zusammenhang mit der Lückenhalterapparatur stehen. Die retrospektive Nachuntersuchung ergab eine totale Anzahl an 36 Oberkiefer- und 39 Unterkieferapparaturen bei einer Patientenzahl von 62. Das Verhältnis von Ober- zu Unterkieferlückenhaltern war dementsprechend annähernd gleich verteilt.

#### Parameter Komplikationen:

Als Komplikationen wurden Ereignisse gewertet die während der Tragedauer aufgetreten sind. Dabei wurden fünf Gruppen unterschieden:

- Keine Komplikation
- Unregelmäßiges Tragen
- Unzureichende Passung
- Frakturen
- Totalverlust

Abbildung 10 zeigt die Verteilung aller Komplikationen während der Tragedauer.

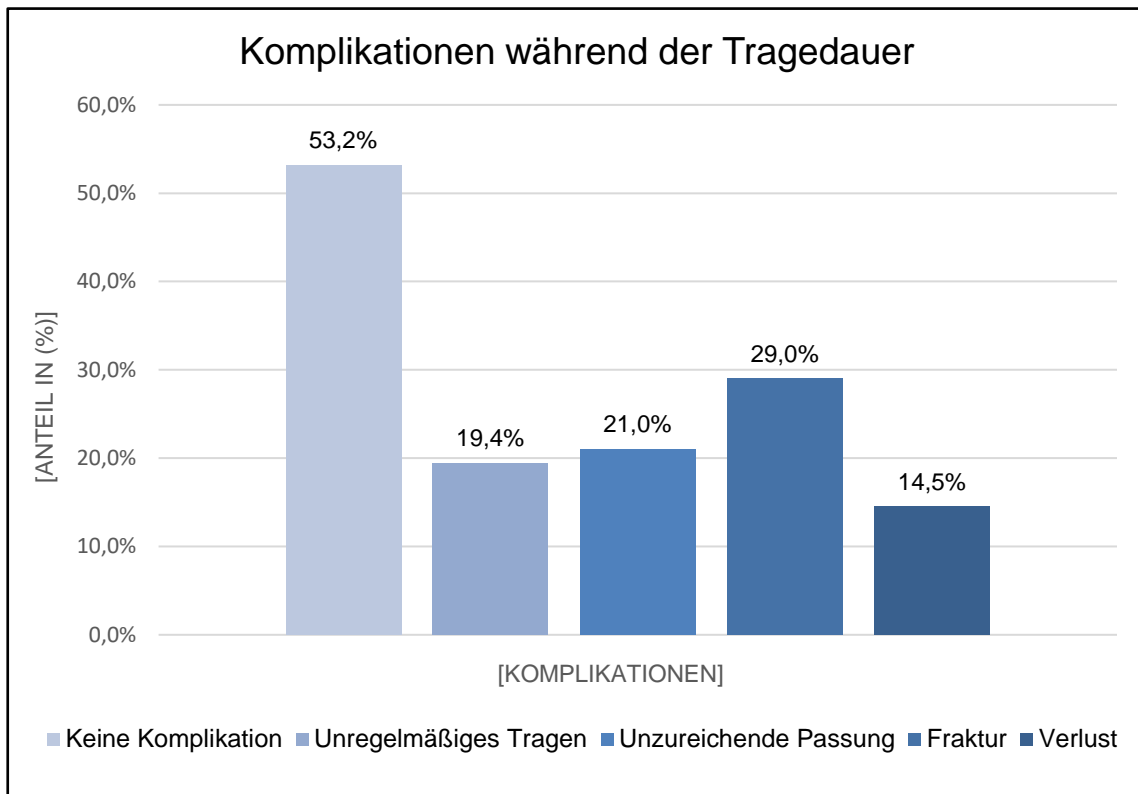


Abbildung 10: Prozentuale Verteilung Parameter Komplikationen

### 5.3 Ergebnisse und Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Kaplan-Meier

#### 5.3.1 Gesamtüberleben aller Lückenhalterapparaturen

Von den 62 erfassten Patienten mit Lückenhalterapparaturen kam es in 33 (53,2%) Fällen zu keiner Veränderung an der Apparatur und wurden in der statistischen Auswertung zensiert (Zensus). Bei 29 (46,8%) Patienten mit Lückenhaltertherapie trat ein Ereignis (Event) auf. In 15 (24,2%) Fällen wurde eine Komplikation erfasst, die zum Ereignis führte. Weitere 14 (22,6%) Fälle wurden durch zwei oder mehrere Komplikationen zum Event. Insgesamt lag die mittlere Überlebenszeit für alle Lückenhalterapparaturen bei 30,5 Monaten, also ziemlich genau zweieinhalb Jahren (Standardabweichung 3,2 und 95% Konfidenzintervall 24,3 - 36,8).

Abbildung 11 stellt das Gesamtüberleben aller Lückenhalterapparaturen dar.

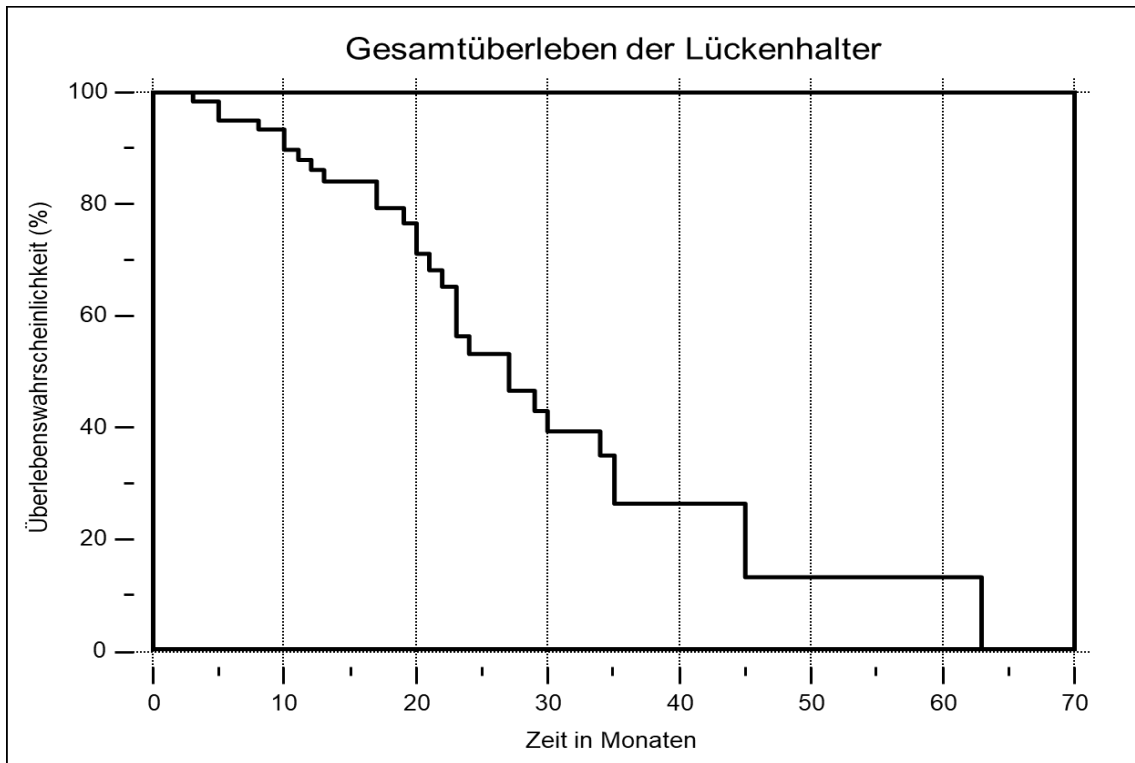


Abbildung 11: Anteil Überleben aller Lückenhalterapparaturen in Abhängigkeit von der Zeit in der Darstellung nach Kaplan-Meier

### 5.3.2 Zusammenfassung der Ergebnisse und Überprüfung der aufgestellten Hypothesen

#### **Hypothese 1:**

**Das Überleben eines Lückenhalters hängt nicht vom Geschlecht des Patienten ab.**

Hypothese 1 konnte in dieser Studie bestätigt werden.

Es wurden 37 männliche und 25 weibliche Patienten in der Studie retrospektiv nachuntersucht. In der männlichen Gruppe wurden 21 (56,8%) Zensus und 16 (43,2%) Events registriert. Die mittlere Überlebenszeit von 34,4 Monaten (Standardfehler 4,3 und Konfidenzintervall 95% bei 25,8 - 42,9). Die weibliche Gruppe ergab eine Verteilung von 12 (48,0%) Zensus und 13 (52,0%) Events bei einer mittleren Überlebenszeit von 26,6 Monaten (Standardfehler 3,4 und Konfidenzintervall 95% bei 19,9 - 33,3). Im Log-Rank Test ergab sich mit  $p = 0,343$  kein signifikanter Unterschied in der durchschnittlichen

Überlebenswahrscheinlichkeit der Lückenhalterapparatur zwischen beiden Geschlechtern.

Abbildung 12 stellt das Überleben der Lückenhalterapparaturen in Abhängigkeit vom Geschlecht graphisch dar.

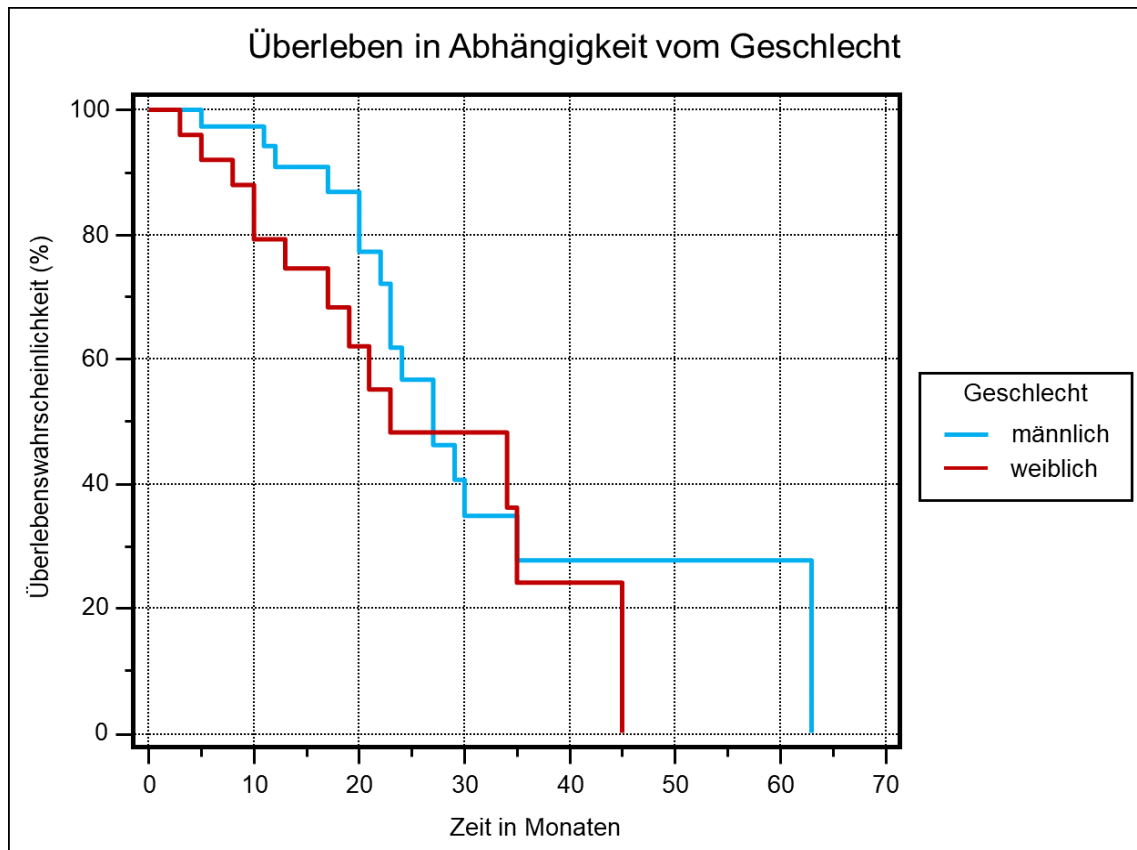


Abbildung 12: Überleben in Abhängigkeit vom Geschlecht

### Hypothese 2:

**Das Überleben eines Lückenhalters ist von der Gesamtragedauer unabhängig.**

Hypothese 2 wurde verworfen, da sich die Tragedauer signifikant auf das Überleben der Lückenhalterapparatur auswirkt. Bei einer Tragedauer bis 12 Monate gab es mit acht Ereignissen (47,1%) und neun Zensierungen (52,9%) eine gleichmäßige Verteilung. Eine Tragedauer zwischen 12 - 24 Monate ergab 12 Ereignisse (41,4%) und 17 Zensierungen (58,6%). Beträgt die Tragedauer länger als 24 Monate zeigte sich eine Verteilung von neun Ereignissen (56,3%) zu sieben Zensierungen (43,7%) eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit. Im Log-Rank Test ergab sich mit dem Wert  $p < 0,0001$  eine Signifikanz. Die

Tragedauer nimmt somit signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit einer Lückenhalterapparatur.

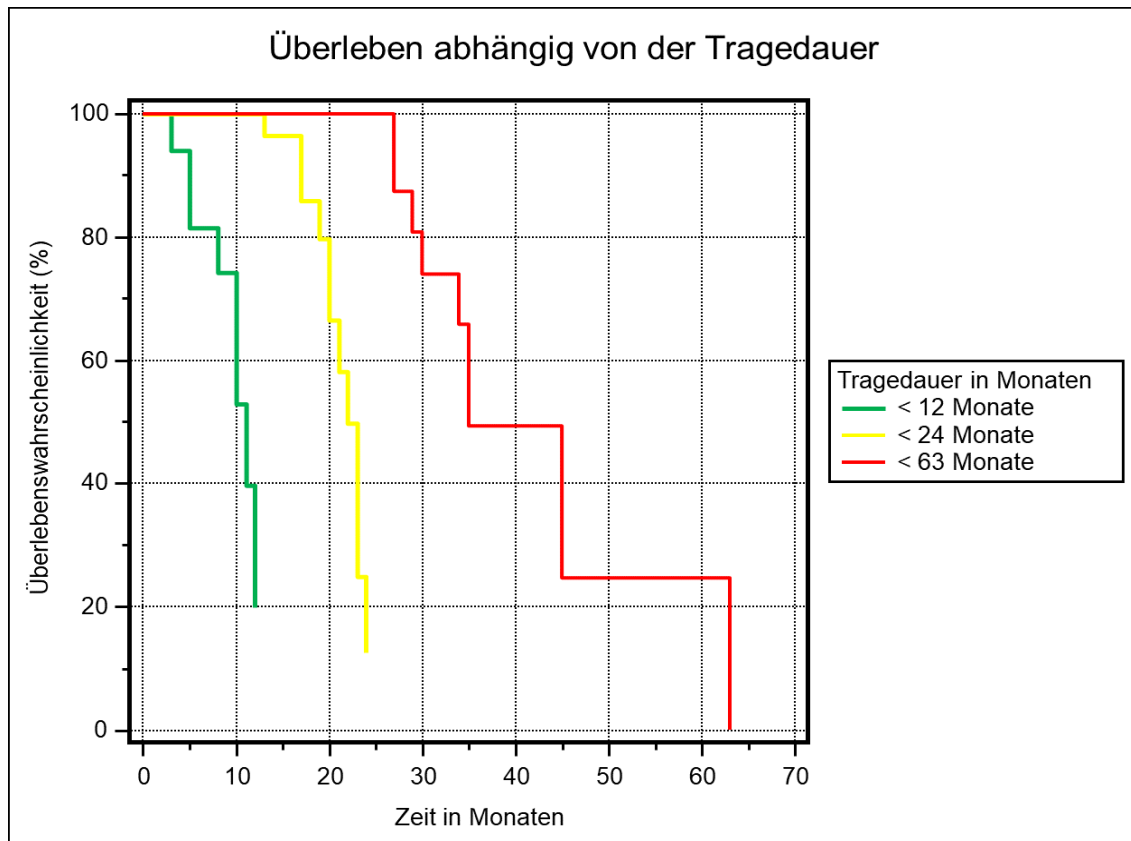


Abbildung 13: Überleben in Abhängigkeit von der Tragedauer

### Hypothese 3:

**Das Überleben eines Lückenhalters hängt nicht vom dmft-Wert des Patienten ab.**

Hypothese 3 wurde in dieser Studie verworfen, da sich die Patientengruppe mit einem dmft-Wert  $< 4$  gegenüber den Patienten mit einem dmft-Wert  $> 4$  hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit signifikant unterschieden. Bei einem dmft-Wert  $< 4$  wurden 13 Ereignisse (38,2%) und 21 Zensierungen (61,8%) erfasst. In der Patientengruppe mit einem dmft-Wert  $> 4$  ergaben sich 16 Ereignisse (57,1%) und 12 Zensierungen (42,9%) und damit eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit. Der Log-Rank Test ergab sich mit  $p = 0,0085$  eine Signifikanz. Die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit bei Patienten mit einem dmft-Wert  $< 4$  lag bei 36,5 Monaten und damit deutlich höher als bei Patienten

mit einem dmft-Wert  $> 4$  (22,0 Monate). Abbildung 13 veranschaulicht das Überleben der Lückenhalterapparatur in Abhängigkeit vom dmft-Wert.

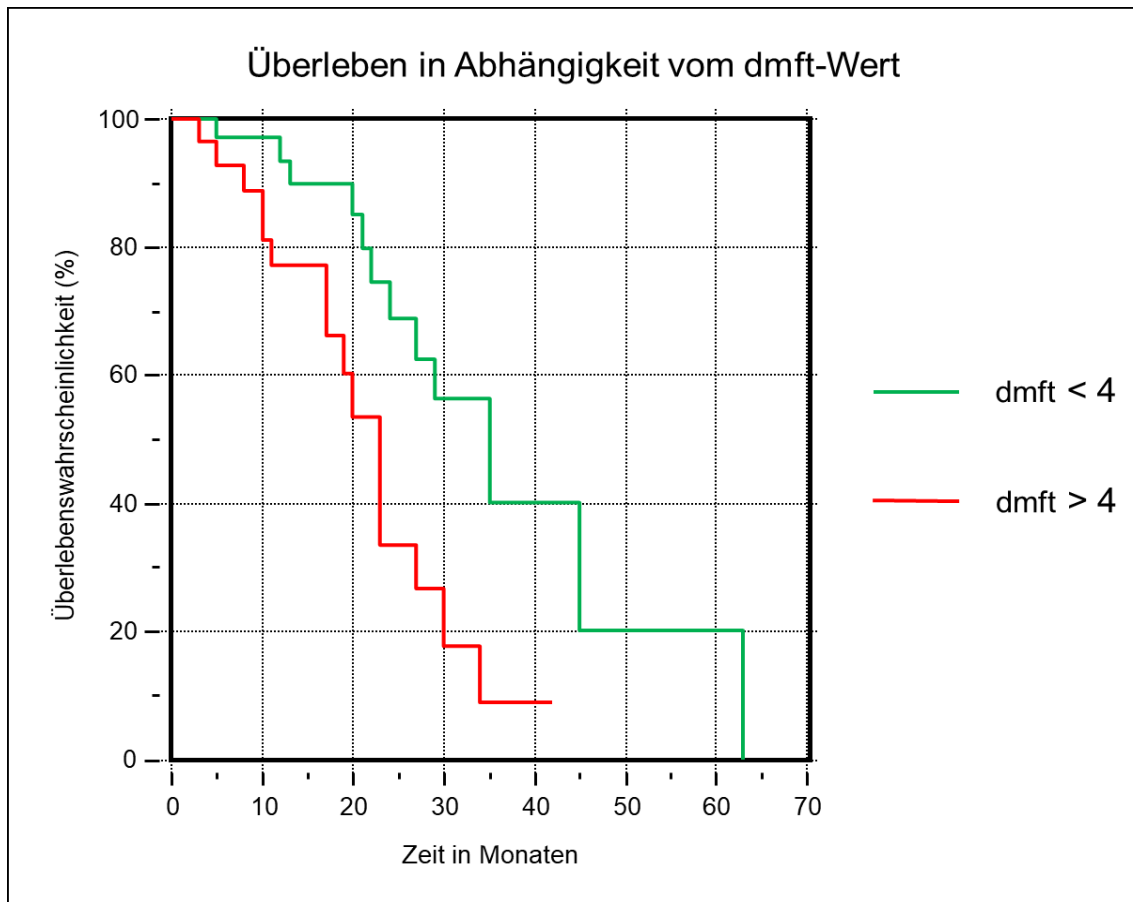


Abbildung 14: Überleben abhängig von Parameter dmft dargestellt nach Kaplan-Meier

#### Hypothese 4:

**Das Überleben des Lückenhalters hängt nicht von der Mundhygiene des Patienten ab.**

Hypothese 4 wurde in dieser Studie verworfen, da sich die Anzahl an Misserfolgen bei Patienten mit schlechter Mundhygiene im Vergleich zu Patienten mit guter oder mäßiger Mundhygiene signifikant erhöhte.

Die Mundhygienesituation wurde in drei Kategorien (gut, mäßig, schlecht) unterteilt. Für Patienten mit einer guten Mundhygiene ergab sich eine mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von 32,9 Monaten. Ein ähnlicher Wert zeigte sich auch bei Patienten mit mäßiger Mundhygiene, hier wurde eine mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von 32,0 Monaten ermittelt. Deutlich niedriger lag

der Wert bei Patienten mit schlechter Mundhygiene. In dieser Gruppe hatten die Lückenhalterapparatur eine mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von nur 16,7 Monaten. Im Log-Rank Test ergab sich mit dem Wert  $p = 0,0125$  eine Signifikanz. Patienten mit einer schlechten Mundhygiene hatten gegenüber Patienten mit einer guten Mundhygiene eine um ca. 50% geringere mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Lückenhalterapparatur. Hinsichtlich der Anzahl an Ereignissen und Zensierungen zeigte sich bei Patienten mit guter Mundhygiene 75% Zensierungen zu 25% Ereignissen und damit eine deutlich höhere Überlebenswahrscheinlichkeit im Vergleich zu Patienten mit schlechter Mundhygiene (77,8% Ereignisse, 22,2% Zensierungen).

In Abbildung 15 wird das Überleben der Lückenhalterapparaturen in Abhängigkeit von der Mundhygiene nochmals graphisch nach Kaplan-Meier dargestellt.

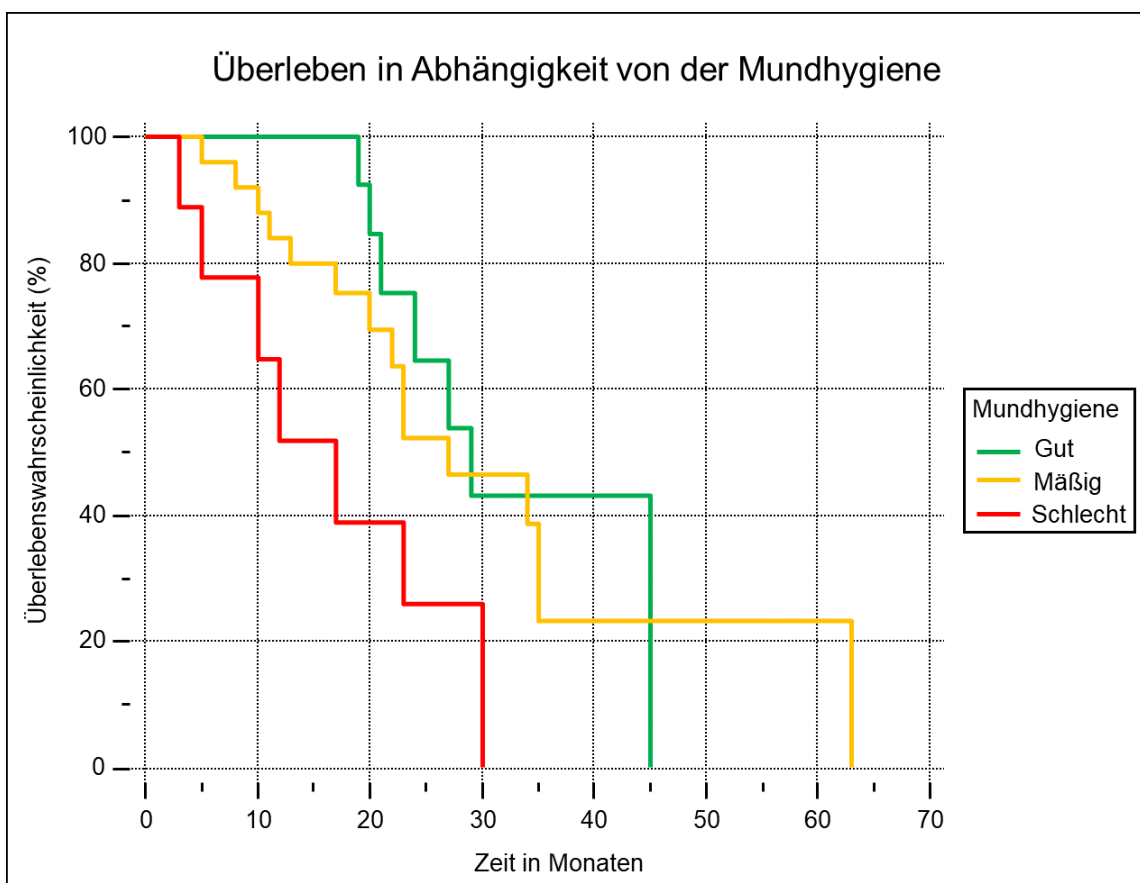


Abbildung 15: Überleben in Abhängigkeit von der Mundhygiene

Tabelle 8 fasst die Ergebnisse der Hypothesenparameter zusammen.

Tabelle 8: Übersicht des Überlebens der Hypothesenparameter

	Mittleres Überleben	Standardfehler	95%- Konfidenzintervall	p-Wert
männlich	34,4	4,3	25,8 – 42,9	<b>0,3432</b>
weiblich	26,6	3,4	19,9 – 33,3	
Tragedauer < 12 Monate	9,7	0,8	8,2 – 11,3	<b>&lt; 0,01</b>
Tragedauer 12-24 Monate	21,4	0,7	20,1 – 22,6	
Tragedauer > 24 Monate	42,6	4,7	33,4 – 51,8	
dmft < 4	36,5	4,6	27,4 – 45,6	<b>0,0085</b>
dmft > 4	22,0	2,3	17,5 – 26,6	
Mundhygiene gut	32,9	3,6	25,8 – 40,0	<b>0,0125</b>
Mundhygiene mäßig	32,0	4,7	22,8 – 41,1	
Mundhygiene schlecht	16,7	3,7	9,5 – 23,9	
Gesamt	30,5	3,2	24,3 – 36,8	

Folgende Variablen hatten keinen signifikanten Einfluss ( $p > 0,05$ ) auf das Überleben des Lückenhalters:

- Anzahl der Besuche
- zahnärztliche Anamnese
- Allgemeine Anamnese
- Ober-/Unterkieferplattenapparatur

## 6 DISKUSSION

### 6.1 Material und Methode

#### 6.1.1 Untersuchungsgut

In der vorliegenden Studie wurden retrospektive Daten bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 5 bis 18 Jahren erfasst, die sich in der Abteilung für Kieferorthopädie der Philipps-Universität Marburg als Patienten in Behandlung befanden. Der Beobachtungszeitraum erstreckte sich von Januar 2010 bis einschließlich Dezember 2020. In der Gesamtzahl konnten an 62 Patienten 75 Lückenthalerapparaturen erfasst und nachuntersucht werden. Die Erhebung der Daten erfolgte ausschließlich durch Sichtung der vorhandenen Aufzeichnungen in den Patientenakten, die dem Aktenarchiv der kieferorthopädischen Abteilung entnommen wurden. Alle allgemeinen Angaben wie das Geburtsdatum, das Geschlecht und die Daten zur Behandlungsdauer waren den Akten eindeutig zu entnehmen. Bei den speziellen Daten wie der Mundhygiene, der Mitarbeit, dem dmft-Wert und der Art der Komplikation musste auf die Vollständigkeit und Genauigkeit der Angaben der jeweiligen Behandler vertraut werden. Die Beurteilung und Einstufung der Mundhygiene erfolgte durch intraoral angefertigte Bilder und Aktenvermerke. Die Angaben sind somit ungenauer und verringern die Aussagefähigkeit, da sie viel Fehleranfälliger sind. Es wurden keine Mundhygieneindizes wie API (approximaler Plaque Index) oder PBI (Papillen Blutungs Index) erhoben. Demgegenüber steht die objektive Einschätzung des Behandlers, da zum Zeitpunkt der Datenerfassung keine Kenntnis darüber bestand, dass die Daten später im Rahmen einer retrospektiven Studie ausgewertet würden.

Ziel der Studie sollte die Evaluation verschiedener Parameter sein, die Einfluss auf Erfolg und Misserfolg von Lückenthalerapparaturen nehmen, sowie die Ermittlung der jeweiligen Überlebensraten.

In der Literatur finden sich nur sehr wenige Studien, die vergleichbare Aussagen zur mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit einer herausnehmbaren Lückenthalerapparatur zulassen. Demgegenüber finden sich mehrere Studien zur Vergleichbarkeit der Überlebensrate bei verschiedenen festsitzenden Lückenthalern untereinander in der Literatur (Garg et al., 2014; Davydov et al.,

2015; Qudeimat und Sasa, 2015; Özüdoğru und Tosun, 2021). Ein Vergleich zwischen den in dieser Studie untersuchten herausnehmbaren Lückenhalterapparaturen und den in der Literatur beschriebenen festsitzenden Apparaturen hinsichtlich der mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit kann somit nur in Teilbereichen aufgestellt werden.

Darüber hinaus stellte diese Arbeit die erstmalige Evaluation der herausnehmbaren Lückenhaltertherapie in der Abteilung für Kieferorthopädie an der Philipps-Universität Marburg dar.

Die Lückenhalterapparatur wurde als die kleinste Untersuchungseinheit definiert. Sind bei einem Patienten in beiden Kieferhälften Lückenhalterapparaturen eingegliedert worden, wurden beide als voneinander getrennte Fälle betrachtet. Lückenhalterapparaturen die nicht in der Abteilung für Kieferorthopädie der Philipps-Universität Marburg angefertigt wurden bzw. Patienten die an einem anderen Ort mit der Lückenhaltertherapie innerhalb des Beobachtungszeitraums begannen wurden nicht in die Studie aufgenommen.

#### 6.1.2 Datenerfassung

Die Datenerfassung der retrospektiven Studie erfolgte ausschließlich anhand der Aufzeichnungen und Befunde in den Patientenakten und -dateien, die im Zeitraum vom Januar 2010 bis einschließlich Dezember 2020 in der Abteilung für Kieferorthopädie der Philipps-Universität Marburg erhoben wurden. Röntgenaufnahmen sowie intraoral aufgenommener Bilder konnten ebenso gesichtet werden. Die Gesamtheit aller Daten lag in digitaler Form vor.

Folgende patientenbezogene Daten wurden erfasst:

- Geschlecht des Patienten
- Geburtsdatum zur Ermittlung des Alters zum Zeitpunkt der ersten Vorstellung, des ersten Tragens und des letzten Tragens der Lückenhalterapparatur
- dmft/DMFT-Wert anhand des letzten aktuellen Zahnbefundes sowie der vorhandenen Röntgenbilder
- auffällige anamnestische Befunde mit Hilfe der Anamnesebögen
- Mundhygiene laut Behandlungsblatt

- Mitarbeit bzgl. Termineinhaltung und Therapie
- Anzahl der Besuche/Recalltermine
- Zahnärztliche Anamnese bzgl. des Zahnverlusts
- Anzahl der fehlenden und durch eine Lückenthalerapparatur zu ersetzende Zähne

Als lückenthalerspezifische Daten wurden erhoben:

- Datum der Erstbehandlung zur Ermittlung des Alters und Erfassung des Gesamtbeobachtungszeitraums
- Datum des letzten Tragens als Endbehandlungszeitpunkt für die Erfassung des Gesamtbeobachtungszeitraums und Überlebensdauer
- Zustand bei Endkontrolle zur Untersuchung des Erfolgs und Misserfolgs
- Komplikationen während des Beobachtungszeitraums

### 6.1.3 Wahl der kleinsten Untersuchungseinheit

Als kleinste Untersuchungseinheit der retrospektiven Studie stellt sich die herausnehmbare Lückenthalerapparatur dar. Der therapeutische Einsatz von herausnehmbaren Plattenapparaturen zum Lückenerhalt und zur Funktionsübernahme eines natürlichen Milchzahns stehen allen Kindern und Jugendlichen im erfassten Alter nach BEMA (Bewertungsmaßstab zahnärztlicher Leistungen der gesetzlichen Krankenkassen in Deutschland) Nr. 123a (Definition: Kieferorthopädische Maßnahmen mit herausnehmbaren Geräten zum Offenhalten von Lücken infolge vorzeitigen Milchzahnverlustes, je Kiefer) kostenfrei zur Verfügung. Die Anwendung dieser herausnehmbaren Plattenapparaturen entspricht somit der gängigen Therapieform gemäß den Abrechnungsbestimmungen der Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung und privaten Krankenkassen. In dieser Studie wurden 62 Patienten mit insgesamt 75 solcher Apparaturen inkludiert. Die Auswahl dieser Untersuchungseinheit stimmt mit dem Vorgehen anderer Studien überein und lässt unter anderem einen Vergleich hinsichtlich der Überlebensraten festsitzender Lückenthalerapparaturen zu. In einer Studie wurde eine ähnliche Anzahl (n = 60) festsitzender Apparaturen nachuntersucht, jedoch lag der

Beobachtungszeitraum bei nur sechs Monaten (Garg et al., 2014). Eine weitere Gruppe untersuchte die Überlebenswahrscheinlichkeit an festsitzenden Lückenhalterapparaturen an insgesamt 301 klinischen Fällen über einen Zeitraum von fünf Jahren nach (Qudeimat et al., 1998). Eine weitere Studie verglich die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von jeweils zehn „Band & Loop“, „Glass fibre reinforced“ und „direct bonded“ Lückenhaltern miteinander (Tunc et al., 2012). Desweiteren wurden über einen Zeitraum von 52 Monaten jeweils 18 „Band & Loop“ und 18 „Crown & Loop“ Apparaturen hinsichtlich der mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit nachuntersucht (Qudeimat und Sasa, 2015). In einer aktuellen prospektiv durchgeführten Studie wurden sowohl festsitzende als auch herausnehmbare Lückenhalter miteinander auf klinischen Erfolg untersucht und verglichen. Die Autorin gibt eine Empfehlung zur Verwendung festsitzender Lückenhalter ab, bestätigt aber gleichzeitig die Eignung beider Therapieformen zur Langzeitnutzung. Allerdings betrug der Beobachtungszeitraum nur 12 Monate und ist damit vergleichsweise kurz (Ackermann, 2023).

#### 6.1.4 Definition von Erfolg und Misserfolg

In der vorliegenden Studie wurden die Kriterien für Erfolg und Misserfolg vor Untersuchungsbeginn festgelegt und wie folgt definiert:

Als Erfolg hinsichtlich des Überlebens wurden alle Lückenhalterapparaturen im erfassten Beobachtungszeitraum von 2010 bis 2020 gewertet, an denen bis zum Zeitpunkt des letzten Tragens keine Veränderungen notwendig geworden waren und sich in ihrem ursprünglichen Zustand befanden.

Als Misserfolg wurde jegliche Veränderung der Lückenhalterapparaturen gewertet, wie Reparatur, Passungenauigkeit oder Neuanfertigung.

Die Definition von Erfolg und Misserfolg entspricht den auf diesem Untersuchungsgebiet gängigen Kriterien und wie sie unter anderem auch in der Studie von Qudeimat und Sasa (2015) zur Ermittlung der mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit verwendet werden.

### 6.1.5 Statistische Auswertung

In der Medizin wird die Wirksamkeit einer bestimmten Therapie oder Therapieform daran gemessen, ob erstens die gewünschte Wirkung eintritt und zweitens über welchen Zeitraum diese bestehen bleibt. Zur Angabe der Wirksamkeit wird in der Medizin allgemein von Überlebenszeitanalyse gesprochen. Die Wirkung kann also im Idealfall maximal ausfallen und für einen unendlich langen Zeitraum bestehen bleiben. Anders fällt diese Betrachtungsweise in vorliegender Studie aus. Zwar ist die gewünschte Wirkung der Lückenhaltertherapie, wie der Name schon sagt, ein maximales Offenhalten der zuvor entstandenen Zahnlücke, jedoch ist dies nicht für einen unendlich langen Zeitraum vorgesehen. Die Lückenhalterapparaturen wird solange verwendet, bis der Zahn der zweiten Dentition weit genug entwickelt ist, um aus eigener Kraft seinen Platz in der Zahnreihe einzunehmen. Deshalb muss die Lückenhaltertherapie als temporäre, also eine zeitlich begrenzte Therapieform angesehen werden. Da die Therapiezeit zu Beginn der Therapie, also zum Zeitpunkt des Milchzahnverlusts, nur bedingt vorhergesehen werden kann, wurde in dieser Studie erfasst ob und wann ein Ereignis (Misserfolg) mit der Lückenhalterapparatur eingetreten ist. Die Zeitvariable kann also klassischerweise nicht zu einem festen Zeitpunkt erfasst werden. Ist am Ende des Beobachtungszeitraums das Ereignis noch nicht eingetreten, wird von einer zensierten Beobachtungszeit gesprochen und in der Studie als Zensierung (Erfolg) gewertet. Zur statistischen Auswertung wird die Wirksamkeit verschiedener Parameter auf den Erfolg anhand der Zeit bis zum Auftreten eines Ereignisses (Misserfolg) oder einer Zensierung (Erfolg) beobachtet. Für die vorliegende Überlebenszeitanalyse wurden Patientendaten über einen Zeitraum von zehn Jahren (2010 - 2020) ermittelt. Aufgrund der Länge des Zeitraums konnten alle erhobenen Patientenfälle bis zum Abschluss oder Abbruch der Therapie vollständig dokumentiert werden. Die in diesem Studiendesign häufig verwendete Kaplan-Meier-Methode setzt keine festen Untersuchungsintervalle voraus und ist deshalb auch für die vorliegende Studie gut zur statistischen Auswertung geeignet. Mit dieser Methode wird für jedes Ereignis (Veränderung der Lückenhalterapparatur) die entsprechenden Überlebenswahrscheinlichkeiten berechnet. Daraus abgeleitet, kann anschließend die Kaplan-Meier-Kurven dargestellt werden (Kaplan und Meier 1958). Um

Gruppenvergleiche durchführen zu können, wurde in vorliegender Studie der Log-Rank-Test zur Anwendung gebracht. Als Signifikanzniveau wurde  $p = 0,05$  festgelegt.

## 6.2 Ergebnisdiskussion

### 6.2.1 Überlebenswahrscheinlichkeit/Gesamtbeobachtungszeitraum

Bei den insgesamt 62 Patienten mit Lückenhalterapparaturen wurde eine durchschnittliche mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von 30,5 Monaten festgestellt. Verglichen mit zahlreichen retrospektiven Studien zu festsitzenden Lückenhalterapparaturen schneidet dieser ermittelte Zeitraum überdurchschnittlich gut ab. Nur eine Studie ermittelte für „Crown & Loop“ Apparaturen eine längere mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von 40,4 Monaten (Qudeimat und Sasa, 2015). Jedoch wurden in dieser Studie auch nur 16 festsitzende Lückenhalter in die Studie aufgenommen, sodass die Aussagekraft der Ergebnisse eher gering einzustufen ist. Eine andere Studie kam hingegen nur auf eine mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von 6,7 Monaten für „direct bonded“ Apparaturen und 9,1 Monate für „band & loop“ Apparaturen (Tunc et al., 2012). Dies gibt einen Hinweis darauf, dass herausnehmbare Lückenhalterapparaturen für längere Behandlungszeiträume besser geeignet scheinen. Allerdings ist kritisch anzumerken, dass ein abweichendes Studiendesign wie z.B. die Anzahl der durchgeführten Recallbehandlungen bzw. Nachuntersuchungen und der Beobachtungszeitraum stark variieren können. Alle vergleichbaren Studien zu festsitzenden Lückenhalterapparaturen geben als Hauptkomplikation die Dezementierung bzw. das Debonding an und ermitteln überwiegend eine deutlich kürzere mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit für die Lückenhalterapparaturen. Als Hauptursache für die häufigen Misserfolge bei festsitzenden Lückenhaltern ist der Befestigungsprozess verantwortlich der insbesondere beim Säure-Ätz-Technik Verfahren absolute Trockenlegung mit Kofferdam und somit auch die Mitarbeit des Patienten erfordert (Ahmad et al., 2018). Der Gesamtbeobachtungszeitraum in vorliegender Studie lag zwischen drei bis 63 Monaten. Am Ende des Beobachtungszeitraums dieser Studie wurden bei 33 (53,2%) Patienten keine Veränderungen an der Lückenhalterapparatur festgestellt und bei 29 (46,8%) Patienten gab es ein Ereignis (Event). Begründen

lassen sich die vergleichsweise hohe Misserfolgsrate einerseits mit dem strengen Bewertungsmaßstab für Erfolg und Misserfolg und andererseits mit dem überdurchschnittlich langem Beobachtungszeitraum. Für vergleichbare Studien mit höheren Erfolgsraten liegt der beobachtete Zeitraum zwischen sechs und zwölf Monaten (Garg et al., 2014; Ackermann, 2023).

### 6.2.2 Abhängigkeit vom Parameter Geschlecht

In vorliegender Studie konnte kein Zusammenhang zwischen dem Überleben der Lückenhalterapparatur und dem Geschlecht des Patienten festgestellt werden. Bei der Geschlechterverteilung waren die männlichen Patienten etwas überrepräsentiert (Tab. 3). Diese Tatsache verringert die Aussagekraft der Ergebnisse. Die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit bei den männlichen Patienten lag im Vergleich zu den weiblichen Patienten etwas höher. Der Log-Rank Test ermittelte mit  $p = 0,343$  aber keinen signifikanten Unterschied in der durchschnittlichen Überlebenswahrscheinlichkeit der Lückenhalterapparaturen zwischen beiden Geschlechtern.

Dies deckt sich unter anderem mit den Ergebnissen einer Studie bei denen das Geschlecht ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf das Überleben einer Lückenhalterapparatur genommen hat (Qudeimat et al., 1998).

Die Annahme der Hypothese 1 in dieser Studie, dass das Geschlecht keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit hat, scheint somit bestätigt.

### 6.2.3 Abhängigkeit vom Parameter Tragedauer

Die Gesamttragezeit konnte in vorliegender Studie mit dem Überleben der Lückenhalterapparaturen in Zusammenhang gebracht werden. Überwiegen die Therapieerfolge in den ersten 24 Monaten noch, kehrt sich dieses Verhältnis nach einer Tragedauer von mehr als 24 Monaten um und die Misserfolge überwiegen (Abb. 5). Der Log-Rank Test ermittelte mit  $p < 0,0001$  einen signifikanten Unterschied in der mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit der Lückenhalterapparaturen zwischen den unterschiedlichen Tragedauergruppen. Die in dieser Studie aufgestellte Hypothese 2, dass das Überleben des

Lückenhalters nicht von der Tragedauer abhängt, konnte somit nicht bestätigt werden. In der Literatur finden sich jedoch keine vergleichbaren Studien zu herausnehmbaren Lückenhalterapparaturen mit ähnlichem Beobachtungszeitraum, sodass das Evidenzniveau derzeit als offen angesehen werden muss.

#### 6.2.4 Abhängigkeit vom Parameter dmft-Wert

Der dmft-Wert gibt an wie groß die Karieserfahrung der ersten Dentition bis zum Zeitpunkt der Erhebung ist. Maximal kann ein dmft-Wert von 20 erreicht werden. In der vorliegenden Studie reichten die dmft-Werte von 0 bis 12. Im Mittel wurde bei den untersuchten Patienten ein dmft-Wert von 4,7 festgestellt. Im Vergleich zu einer im Jahr 2008 durchgeführten Studie in Hessen mit einem mittleren dmft-Wert von 1,88 ist der ermittelte dmft in dieser Studie mehr als doppelt so groß (Pieper und Jablonski-Momeni, 2008). Der hohe Wert lässt sich mit dem Studiensetup erklären, da fast ausschließlich Patienten mit mindestens einem fehlenden Milchzahn in die Studie aufgenommen wurden. Im Umkehrschluss konnte ein dmft von 0 als ein Ausschlusskriterium für diese Studie angesehen werden, wodurch der durchschnittliche dmft-Wert zusätzlich in die Höhe getrieben wurde. Im Untersuchungszeitraum ereigneten sich bei Patienten mit einem dmft < 4 weniger Misserfolge als in der Patientengruppe mit einem dmft > 4 (s. Abb. 10). Die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Lückenhalterapparaturen lag in der Gruppe mit wenig Karieserfahrung (dmft < 4) bei 36,6 Monaten und somit mehr als 1,5-fach länger als in der Gruppe mit mehr Karieserfahrung (dmft > 4). Der Log-Rank Test ermittelte mit  $p = 0,0085$  einen signifikanten Unterschied in der mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit zwischen den beiden dmft-Gruppen. Ähnliche Ergebnisse mit negativem Einfluss von hohen dmft-Werten auf zahnärztliche Interventionen stellten sich in einer Studie zu Fissurenversiegelungen dar (Folke et al., 2004).

### 6.2.5 Abhängigkeit vom Parameter Mundhygiene

Dem Parameter Mundhygiene kommt neben den Ernährungsgewohnheiten eine entscheidende Rolle hinsichtlich der Karieserfahrung bei den Patienten zu (Kühnisch et al., 2014).

Die Auswertungen zeigten, dass die Gruppen mit guter und mäßiger Mundhygiene eine sehr ähnliche mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit vorzuweisen hatten (Gruppe 1 mit guter Mundhygiene 32,9 Monaten; Gruppe 2 mit mäßiger Mundhygiene 32,0 Monaten). Zwischen diesen beiden Gruppen ergab sich somit kein signifikanter Unterschied. Verglichen mit der Gruppe der Patienten mit schlechter Mundhygiene, fällt die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit mit 16,7 Monaten deutlich niedriger aus und wird fast halbiert. Die Anzahl der Ereignisse und Zensierungen der Patientengruppe mit guter und jener mit schlechter Mundhygiene so ergibt sich eine annähernd antiproportionale Verteilung (Abb. 7). Auf ähnliche Zusammenhänge deutet eine Studie zur Auswirkung von festsitzenden Kieferorthopädischen Apparaturen auf die Mundhygiene und Ernährungsgewohnheiten hin. Bei Jugendlichen mit festsitzender KFO-Apparatur sank die Bereitschaft zur Durchführung adäquater Mundhygiene im Vergleich zu Jugendlichen ohne KFO-Therapie deutlich (Azaripour et al., 2012). Als Ursache wird insbesondere die festsitzende Apparatur und die damit verbundene erschwerte Reinigung aufgeführt. Die Autoren empfehlen deshalb ein besonders engmaschiges Recall-Intervall mit kontinuierlicher Mundhygienekontrolle und Motivation. Verschiedene Autoren bestätigten in diesem Zusammenhang die Auswirkungen der Lückenthalerapparaturen (festsitzend und herausnehmbar) auf die oralen Mikroorganismen wie etwa *Streptococcus mutans*, die Speichelqualität und Speichelquantität sowie die Mundhygiene-/Plaqueindizes wie den BOP (bleeding on probing) und API (approximaler Plaque Index) (Arikan et al., 2015; Kundu et al., 2016; Gurcan et al., 2021; Bahurupi et al., 2022). Hieraus lässt sich ein Vorteil der herausnehmbaren Lückenthalerapparaturen ableiten. Diese können zur Reinigung herausgenommen werden und auch Plaqueretentionsstellen bestehen nicht dauerhaft.

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Mundhygiene für den Erfolg einer herausnehmbaren Lückenthalerapparatur von signifikanter Bedeutung ist. Der Log-Rank Test ermittelte mit  $p = 0,0125$  eine Signifikanz für die mittlere

Überlebenswahrscheinlichkeit der Lückenhalterapparaturen in Abhängigkeit von der Mundhygiene.

#### 6.2.6 Abhängigkeit vom Parameter zahnärztliche Anamnese

Die zahnärztliche Anamnese gibt an, welcher Umstand letztlich zur Notwendigkeit einer Lückenhaltertherapie geführt hat. Zwei von drei Patienten in dieser Studie haben mindestens einen Milchzahn durch die Karies verloren. Die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit in der Kariesgruppe lag mit 31,8 Monaten etwas über der durchschnittlichen Gesamtüberlebenswahrscheinlichkeit von 30,5 Monaten. Die Verteilung von Ereignissen und Zensierungen entsprach jeweils 50,0%. Die gleiche Verteilung wurde ebenfalls in den Gruppen Nichtanlagen und Traumata festgestellt. Diese sind jedoch aufgrund der sehr geringen Fallzahl nicht aussagekräftig. Der log-Rank Test ergab mit  $p = 0,3017$  keinen signifikanten Unterschied der einzelnen Gruppen hinsichtlich der mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit.

In der Literatur wurde bisher kein Zusammenhang zwischen der zahnärztlichen Anamnese und dem Erfolg einer Lückenhalterapparatur beschrieben.

#### 6.2.7 Abhängigkeit vom Parameter Mitarbeit

Die Mitarbeit und Bereitschaft eines Patienten der vorgeschlagenen Therapie des Arztes Folge zu leisten und auf einen positiven Therapieverlauf hinzuwirken, konnte schon in zahlreichen Studien gezeigt und nachgewiesen werden (Graf und Ehmer, 1970; Krichbaum und Kulzer, 2012). Diesem Bereich der nicht zuletzt auf einem vertrauensvollen und respektvollen Umgang zwischen Behandler und Patient beruht, muss demnach eine hohe Gewichtung beigemessen werden. In vorliegender Studie zeigte sich, dass bei Patienten mit guter Mitarbeit die Anzahl der Zensierungen 76,3% betrug. Im Vergleich dazu sank die Zahl der Zensierungen in der Patientengruppe mit mäßiger Mitarbeit auf 25,0%. Dieser Trend zeigt sich auch in der mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit der Lückenhalterapparaturen. Bei guter Mitarbeit noch 34,6 Monate, bei schlechter Mitarbeit nur noch 16,5 Monate. Daraus lässt sich ableiten, dass bei einem herausnehmbaren kieferorthopädischen Gerät die gute Mitarbeit eine

entscheidende Rolle hinsichtlich des Therapieerfolgs darstellt. Im Log-Rank Test ergab sich mit  $p = 0,0013$  eine Signifikanz. In einer indonesischen Studie zur Evaluierung der Mitarbeit von Kindern mit herausnehmbaren Lückenhaltern kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass mangelnde Aufklärung über Art und Zweck der Therapie ursächlich für die dort festgestellte schlechte Mitarbeit waren (Ramadhani et al., 2012).

#### 6.2.8 Abhängigkeit von weiteren Parametern

Die Gesamtzahl der in dieser Studie erfassten Patienten lag bei 62. Lediglich drei Patienten wiesen eine auffällige Anamnese auf, die bei körperlichen oder geistigen Behinderungen, Herz- und Lungenerkrankungen sowie Tumor- und Autoimmunerkrankungen gegeben war. Der Anteil in vorliegender Studie ist mit drei Patienten sehr klein und damit nicht in der Lage aussagekräftige Ergebnisse zu liefern. Der Log-Rank Test ergab für den Parameter allgemeine Anamnese mit  $p = 0,1401$  keine Signifikanz.

Ein weiterer Parameter beschrieb die Lokalisation des Lückenhalters. Es wurden eine annähernd gleich große Anzahl an Lückenhaltern im Oberkiefer ( $n=36$ ) wie im Unterkiefer ( $n=39$ ) eingebracht. Hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ).

Die Anzahl der Besuche der Patienten in der Klinik zeigte hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit der Lückenhalter keine Signifikanz ( $p = 0,180$ ). In der Literatur finden sich zu den genannten Parametern keine vergleichbaren Daten.

#### 6.2.9 Abhängigkeit von Parametern Komplikationen

Der Parameter „Keine Komplikationen“ beschreibt einen Therapieverlauf ohne jegliche Komplikation über die gesamte Dauer und den damit einhergehenden Therapieerfolg. Bei 33 (53,2%) Lückenhalterapparaturen gab es keine Komplikationen. Der Log-Rank Test bestätigt mit  $p < 0,0001$  die Signifikanz des Parameters.

Ein Komplikationsparameter bezieht sich auf das unregelmäßige Tragen des Lückenhalters. In 41,4% der erfassten Fälle trug dieser Parameter zum

Misserfolg bei. Dieser Umstand verdeutlicht sehr gut die Grenzen der Indikationsstellung einer herausnehmbaren Apparatur im Vergleich zu den festzementierten Lückenhaltern. Diese bieten für eine kürzere Behandlungsdauer einen signifikanten Vorteil respektive eine höhere Überlebenschance (Ramakrishnan et al., 2019). Im Log-Rank Test ergibt sich mit  $p = 0,0333$  eine Signifikanz.

Ein weiterer Parameter nimmt die Komplikation der unzureichenden Passung des Lückenhalters auf, die zumeist eine Folgekomplikation des unregelmäßigen Tragens ist. In 44,8% der Fälle ist sie für den Misserfolg der Therapie mitverantwortlich. Im Log-Rank Test ergibt sich mit  $p = 0,0156$  eine Signifikanz.

Der häufigste Komplikationsparameter (62,0%) wurde durch Bruchdefekte an den Lückenhalterapparaturen und damit notwendig werdende Reparaturen beschrieben. Im Log-Rank Test ergab sich mit  $p = 0,0320$  eine Signifikanz.

Dem vorhandenen Datenmaterial konnten keine weiteren Details, wie etwa Art und Umfang des Bruchdefekts entnommen werden. Um die Häufigkeit dieser Komplikation zu senken, ist weitere Forschungsarbeit auf diesem Gebiet unerlässlich. Es wirft die Frage auf, ob das verwendete Material für die Tragedauer als kompatibel einzustufen ist. Mit einem möglichen Ansatz zur Verbesserung der Passung und Stabilität beschäftigt sich eine Studie zur Verwendung von PEEK (polyetheretherketone) als Materialbasis in Kombination mit dem CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing) Verfahren (Guo et al., 2020).

Die absolute Komplikation des Totalverlusts des Lückenhalters ereignete sich in 31,0% der Fälle und zeigt den Nachteil einer herausnehmbaren Plattenapparatur gegenüber feststehenden Therapieformen auf. Der Log-Rank Test ergab mit  $p = 0,1867$  keine Signifikanz. In der Literatur finden sich zu den genannten Komplikationsparametern keine vergleichbaren Daten, sodass es auf diesem Gebiet weiterer Forschungsarbeit bedarf.

### 6.3 Klinische Relevanz

In dieser retrospektiven Studie wurde über ein Beobachtungszeitraum von zehn Jahren die Lückenhaltertherapie nach Zahnverlust in einer deutschen Zahnklinik nachuntersucht. Es galt verschiedenste Einflussfaktoren und Parameter

hinsichtlich der Überlebensraten der Lückenhalterapparaturen zu überprüfen und festzustellen. Die Lückenhaltertherapie soll dazu dienen, bei einem vorzeitigen, verfrühten Milchzahnverlust, insbesondere in der Stützzone, einer Lückeneinengung mit einhergehendem Platzmangel, entgegenzuwirken. Dieses Ziel soll durch die Herstellung herausnehmbarer Kunststoffplattenapparaturen erreicht werden, indem die Plattenbasis bis in die vorhandene Zahnlücke mit Kunststoff ausgefüllt wird und handgebogene Metallklammern als Halteelemente fungieren. Durch das regelmäßige Tragen sowohl am Tag als auch bei Nacht, soll somit einer Lückeneinengung und einem sekundären Platzmangel für die nachfolgende Dentition entgegengewirkt werden (Ackermann und Esch, 2019). Wird die Lückenhaltertherapie rechtzeitig nach Milchzahnverlust eingeleitet, so besteht die Möglichkeit eine spätere umfangreiche und kostspielige Kieferorthopädische Behandlung zu vermeiden. Allerdings ist die erfolgreiche Therapie einer Lückenhalterapparatur abhängig von verschiedensten Parametern und Einflussfaktoren. Als wichtigster Faktor stellte sich in vorliegender Studie die Mitarbeit des Patienten dar, die neben wiederkehrenden Nachkontrollen insbesondere das regelmäßige Tragen und die gute Mundhygiene beinhaltet. In einer Übersichtsarbeit wurden verschiedene Lückenhalter insbesondere festsitzende Lückenhalterapparaturen und auch herausnehmbare Lückenhalterapparaturen miteinander hinsichtlich der Überlebensrate und Einflussfaktoren untersucht (Ahmad et al., 2018). Dabei zeigte sich, dass in den meisten Fällen der Misserfolg bei festsitzenden Apparaturen durch Haftverlust verursacht wurde. Zu vergleichbaren Ergebnissen gelangte auch eine Studie zu festsitzenden Lückenhalterapparaturen (Davydov et al., 2015). Bei herausnehmbaren Apparaturen hingegen war die Fraktur die häufigste Ursache für eine gescheiterte Therapie. Der Autor gibt jedoch zu bedenken, dass nur eine sehr schwache Evidenz dafür vorliegt, da nur sehr wenige klinische Studien existieren und auch nur von niedriger bis sehr niedriger Qualität (Ahmad et al., 2018). In einer vergleichbaren Studie aus der Türkei mit 61 Lückenhalterapparaturen wurde eine mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit für festsitzende Lückenhalterapparaturen von 13 Monaten und 12 Monaten für herausnehmbare Lückenhalterapparaturen ermittelt. Die Fraktur der Lückenhalterapparatur wurde mit insgesamt 10% als häufigste Komplikation angegeben (Özüdođru und Tosun, 2021). In vorliegender retrospektiver Studie

wurde die häufigste Ursache für einen Misserfolg durch eine Fraktur mit 29,0% registriert. Der Totalverlust erreichte hingegen nur einen Anteil von 14,5%. Der Vergleich zwischen festsitzenden und herausnehmbaren Lückenhalterapparaturen macht die unterschiedliche Gewichtung der Einflussfaktoren auf Überlebensraten deutlich. Liegt der Einfluss bei festsitzenden Lückenhalterapparaturen zu großen Teilen in den Händen des Behandlers, etwa wenn es um die qualitativ hochwertige Applikation möglichst unter absoluter Trockenlegung geht (nur bei Verwendung von Kofferdam), so kann auch eine gut angefertigte herausnehmbare Lückenhalterapparatur durch unsachgemäße oder fehlende Anwendung durch den Patienten den Erfolg und die Überlebensdauer reduzieren.

In vorliegender Arbeit konnte gezeigt werden, dass bei herausnehmbaren Lückenhalterapparaturen die Mundhygiene, die Karieserfahrung (dmft-Wert) sowie die Tragedauer und die Mitarbeit des Patienten eine hohe Signifikanz hinsichtlich der erfolgreichen Therapie darstellen. Das bedeutet, dass im Umkehrschluss ein vertrauensvolles Behandler – Patienten Verhältnis respektive zu den Eltern bestehen sollte und der Schwerpunkt auf der Motivation zu adäquater Mundhygiene liegt. Diese Beobachtung deckt sich mit einer Studie an brasilianischen Vorschulkindern, die die Relevanz des Behandler-Patienten-Verhältnisses auf die orale Gesundheit und die damit verbundene Lebensqualität unterstreicht (Gomes et al., 2022). Dadurch erscheint es sinnvoll die Patienten mit Lückenhalterapparaturen in ein engmaschiges Recallprogramm aufzunehmen, wie es in der Abteilung für Kinderzahnheilkunde im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Philipps-Universität Marburg praktiziert wird. Regelmäßige Kontrollen der Mundhygiene und motivierende Gespräche zur Mitarbeit sind somit wichtige Bestandteile einer erfolgreichen Therapie. Die überdurchschnittliche Anzahl an Recallbesuchen in der Zahnklinik Marburg im Rahmen der Therapie mit Lückenhaltern bestätigt diesen Ansatz.

Zum Zeitpunkt dieser Arbeit liegen wie bereits erwähnt nur sehr wenige vergleichbare Studien zu herausnehmbaren Lückenhalterapparaturen vor, sodass das Evidenzniveau derzeit als offen angesehen werden muss.

## 7 ZUSAMMENFASSUNGEN

### 7.1 Zusammenfassung Deutsch

**Ziel:** Ziel dieser retrospektiven Datenerhebung war die Untersuchung verschiedener Parameter auf Signifikanz hinsichtlich des Überlebens einer herausnehmbaren Lückenhalterapparatur.

Mit dieser Zielsetzung sollten patientenspezifische Parameter wie das Geschlecht, der dmft-Wert, die Mundhygiene sowie die Tragedauer mittels geeigneter statistischer Methode auf Signifikanz überprüft werden. In der Literatur finden sich bisher keine vergleichbaren Studien, die diese Parameter für herausnehmbare Lückenhalterapparaturen auf klinische Relevanz überprüfen.

**Material und Methode:** Die Daten zur retrospektiven Auswertung wurden aus Karteikarteneintragungen der Abteilung für Kinderzahnheilkunde im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Philipps-Universität Marburg im Beobachtungszeitraum 2010 - 2020 erhoben. Dabei wurden verschiedene Parameter erfasst und deren Einfluss auf Erfolg oder Misserfolg hin überprüft. Die Überlebensrate wurde nach dem Kaplan-Meier-Schätzer analysiert und für Gruppenvergleiche der Log-Rank Test angewendet. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p = 0,05$  festgelegt. Die Lückenhaltertherapie wurde als Erfolg gewertet, wenn während des gesamten Therapiezeitraums keine Veränderung bzw. Reparaturen an der Plattenapparatur durchgeführt werden mussten. Als Misserfolg gewertet wurde neben dem totalen Verlust der Apparatur auch sämtliche notwendige Veränderungen und das unregelmäßige Tragen.

**Ergebnisse:** Insgesamt wurden Daten von 62 Patienten mit 75 Plattenapparaturen zum Lückenerhalt im Beobachtungszeitraum zwischen 2010 – 2020 erfasst. Die Patienten hatten eine Altersspanne zwischen 5,4 bis 18,2 Jahren für das Datum des ersten Tragens der Lückenhalterapparatur. Das mittlere Alter betrug 8,9 Jahre. Im Mittel wurde bei den untersuchten Patienten ein dmft-Wert von 4,7 festgestellt. Die mittlere Überlebenszeit für alle Lückenhalterapparaturen ergab 30,5 Monate. Bei 33 Patienten ergaben sich während der gesamten Tragezeit keine Komplikationen, sodass die

Lückenthalertherapie bei 53,2% aller nachuntersuchten Patienten erfolgreich war. Bei guter Mitarbeit wurde im Mittel eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 34,6 Monate erreicht. Diese Zahl sank signifikant bei schlechter Mitarbeit auf nur noch 16,5 Monate. Patienten mit guter Mundhygiene hatten eine 75% Erfolgsquote. Bei Patienten mit schlechter Mundhygiene sank diese auf nur noch 22,2%. Die Mundhygiene nimmt somit ebenfalls signifikanten Einfluss ( $p = 0,0125$ ) auf die erfolgreiche Therapie einer herausnehmbaren Lückenthalerapparatur. Bei insgesamt 18 Fällen wurde ein Bruchdefekt beschrieben ( $p = 0,0320$ ). Das bedeutet in 62,0% aller Misserfolge waren Frakturen der Lückenthalerapparaturen verantwortlich. Keinen signifikanten Einfluss auf das Überleben der Lückenthalerapparaturen in dieser vorliegenden Studie nahmen die Parameter Geschlecht, Anzahl der Besuche, zahnärztliche Anamnese, DMFT-Wert, allgemeine Anamnese, Ober- oder Unterkieferapparatur und der Totalverlust.

**Schlussfolgerung:** Die durchgeführte retrospektive Studie bestätigt, dass die wichtigsten Parameter für einen Therapieerfolg bei herausnehmbaren Lückenthalerapparaturen die Tragedauer, Mundhygiene und Mitarbeit des Patienten betreffen. Gute Mitarbeit beinhaltet wiederum neben wiederkehrenden Nachkontrollen insbesondere das regelmäßige Tragen und die Mundhygiene. Ebenso erreicht die Karieserfahrung (dmft) eine hohe Signifikanz hinsichtlich der erfolgreichen Therapie. Das bedeutet, dass ein gutes respektive vertrauensvolles Behandler – Patienten Verhältnis und die Motivation zu adäquater Mundhygiene maßgeblich zum Behandlungserfolg beitragen können. Die geringe Anzahl vergleichbarer Studien im Bereich der herausnehmbaren Lückenthalern zeigt jedoch auch die Notwendigkeit weiterer Forschung auf.

## 7.2 Zusammenfassung Englisch (summary)

**Aim:** The aim of this retrospective data collection was to examine various parameters for significance with regard to the survival of a removable space maintainer appliance.

With this objective, patient-specific parameters such as gender, dmft value, oral hygiene and wearing time were to be tested for significance using suitable statistical methods. To date, there are no comparable studies in the literature that examine the clinical relevance of these parameters for removable space maintainers.

**Material and methods:** The data for the retrospective evaluation were collected from index card entries from the Department of Pediatric Dentistry at the Center for Oral and Maxillofacial Medicine at the Philipps University of Marburg during the observation period 2010 - 2020. Various parameters were recorded and their influence on success or failure was examined. The survival rate was analyzed according to the Kaplan-Meier estimator and the log-rank test was used for group comparisons. The significance level was set at  $p = 0.05$ . Space maintenance therapy was considered as success if no changes or repairs had to be made to the plate appliance during the entire therapy period. In addition to the total loss of the appliance, all necessary changes and irregular wearing were considered failures.

**Results:** In total, data were collected from 62 patients with 75 space maintenance plate appliances in the observation period between 2010 - 2020. The patients had an age range between 5.4 and 18.2 years for the date of first wearing the space maintainer appliance. The mean age was 8.9 years. On average, a dmft value of 4.7 was determined for the patients examined. The mean survival time for all space maintainer appliances was 30.5 months. In 33 patients, there were no complications during the entire wearing period, meaning that the space maintainer therapy was successful in 53.2% of all patients examined. With good cooperation, an average survival probability of 34.6 months was achieved. This figure fell significantly with poor cooperation to just 16.5 months. Patients with good oral hygiene had a 75% success rate. In patients with poor oral hygiene, this fell to just 22.2%. Oral hygiene therefore also has a significant influence ( $p =$

0.0125) on the successful treatment of a removable space maintainer appliance. A fracture defect was described in a total of 18 cases ( $p = 0.0320$ ). This means that fractures of the space maintainer appliances were responsible for 62.0% of all failures. The parameters gender, number of visits, dental history, DMFT index, general medical history, maxillary or mandibular appliance and total loss had no significant influence on the survival of the space maintainer appliances in this study.

**Conclusion:** The retrospective study confirms that the most important parameters for successful treatment with removable space maintainers are the duration of wear, oral hygiene and patient cooperation. In addition to recurring follow-up checks, good cooperation also includes regular wearing and oral hygiene. The caries experience (dmft) is also highly significant with regard to successful treatment. This means that a good or trusting dentist-patient relationship and the motivation to maintain adequate oral hygiene can contribute significantly to the success of treatment. However, the small number of comparable studies in the field of removable space maintainers also shows the need for further research.

## 8 LITERATURVERZEICHNIS

- Ackermann. (2023). *Klinische Evaluierung verschiedener Lückenhalter nach vorzeitigem Milchzahnverlust*. Imu.
- Ackermann; Esch. (2019). Lückenkontrolle nach vorzeitigem Milchzahnverlust–Strategien zur Vermeidung eines sekundären Platzmangels. *Quintessence*, 70, 602-609.
- Adler. (1967). Die Chronologie der Gebissentwicklung. *Zahn-, Mund und Kieferheilkunde im Kindesalter*. In Harndt E, Weyers H (Hrsg), Quintessenz Verlag, Berlin.
- Ahmad; Parekh; Ashley. (2018). Methods of space maintenance for premature loss of a primary molar: a review. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 19(5), 311-320.
- Arikan; Kizilci; Ozalp; Ozcelik. (2015). Effects of fixed and removable space maintainers on plaque accumulation, periodontal health, candidal and enterococcus faecalis carriage. *Medical Principles and Practice*, 24(4), 311-317.
- Azaripour; Willershausen; Hassan; Wehrbein; Willershausen. (2012). Mundhygiene und Ernährungsgewohnheiten bei Jugendlichen mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen. *ZWR-Das Deutsche Zahnärzteblatt*, 121(03), 70-76.
- Bahurupi; Gupte; Grace; Sawant; Sonawane. (2022). Comparative evaluation of changes in salivary flow rate, pH, and Streptococcus mutans levels in children undergoing fixed and removable space maintainer therapy. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 40(4), 404-409.
- Bowen; Burne; Wu; Koo. (2018). Oral biofilms: pathogens, matrix, and polymicrobial interactions in microenvironments. *Trends in microbiology*, 26(3), 229-242.
- Bredy. (1968). Über die Erfolgsaussichten einzelner Methoden der kieferorthopädischen Frühbehandlung. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 29(2), 261-264.
- Davenport; Isaac. (1887). *The Significance of the Natural Form and Arrangement of the Dental Arches of a Man, With a Consideration of the Changes Which Occur as a Result of Their Artificial Derangement by Filing Or by the Extraction of Teeth*. Philadelphia:: SS White Dental Manufacturing Company.
- Davydov; Bakernikova; Lavrikov; Chumakov. (2015). Evaluation of clinical efficiency of various space maintainers in premature loss of deciduous molars. *Stomatologija*, 94(1), 64-67.

- Einwag; Pieper; Bekes. (2022). *Kinderzahnheilkunde*: Elsevier Health Sciences.
- Euler. (1934). Makroskopische Anatomie der Zähne *Lehrbuch der Zahnheilkunde* (pp. 54-75): Springer.
- Folke; Walton; Feigal. (2004). Occlusal sealant success over ten years in a private practice: comparing longevity of sealants placed by dentists, hygienists, and assistants. *Pediatric dentistry*, 26(5), 426-432.
- Gabriel. (2007). *Physiologische Veränderung der Molarenrelation und Platzverhältnisse während des Übergangs vom Wechselgebiss zum permanenten Gebiss*. Imu.
- Garg; Samadi; Jaiswal; Saha. (2014). 'Metal to resin': A comparative evaluation of conventional band and loop space maintainer with the fiber reinforced composite resin space maintainer in children. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 32(2), 111-116.
- Gianelly. (2002). Treatment of crowding in the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 121(6), 569-571.
- Gomes; Perazzo; Neves; Siqueira; Paiva; Granville-Garcia. (2022). Premature Primary Tooth Loss and Oral Health-Related Quality of Life in Preschool Children. *Int J Environ Res Public Health*, 19(19), 12163.
- Graf; Ehmer. (1970). Die Mitarbeit der Patienten bei kieferorthopädischen Behandlungen. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 31(3), 393-403.
- Grundmann. (2013). Bissverletzungen und Bissspuren. *Rechtsmedizin*, 23(1), 53-66. doi: 10.1007/s00194-012-0812-2
- Guo; Wang; Zhao; Liu. (2020). Computer-aided design of polyetheretherketone for application to removable pediatric space maintainers. *BMC Oral Health*, 20, 1-10.
- Gurcan; Koruyucu; Kuru; Sepet; Seymen. (2021). Effects of Fixed and Removable Space Maintainers on Dental Plaque and DMFT/dft Values. *Odovtos International Journal of Dental Sciences*, 23(2), 137-147.
- Harzer; Hetzer; Huth. (2004). Indikation und Gestaltung von Lückenhaltern nach vorzeitigem Milchzahnverlust. *Zahnärztl Mitt*, 94(14), 44-46.
- Hellwig; Klimek; Attin. (2009). *Einführung in die Zahnerhaltung*: Deutscher Ärzteverlag.
- Hoffmann; John; Kerschbaum; Micheelis; Potthoff; Reich, . . . Schroeder. (2006). Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). *Köln. Mikrozensus: Fragen zur Gesundheit (2009a): Verteilung der Bevölkerung auf Body-Mass-Index-Gruppen in*, 31.

- Holtmann; Hackenberg; Wilhelm; Handschel. (2020). *BASICS Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*: Elsevier Health Sciences.
- Hotz. (1994). *Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen*: Thieme Georg Verlag.
- Jin; Ma; Moon; Paik; Hahn; Horowitz. (2003). Early childhood caries: prevalence and risk factors in Seoul, Korea. *Journal of public health dentistry*, 63(3), 183-188.
- Jordan; Micheelis. (2016). *Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie-(DMS V)*: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV Köln.
- Kantorowicz. (1929). *Handwörterbuch der gesamten Zahnheilkunde* (Vol. 1): JA Barth.
- Keyes. (1962). Recent advances in dental caries research. Bacteriology. Bacteriological findings and biological implications. *Int Dent J*, 12, 443-464.
- König. (1971). *Karies und Kariesprophylaxe*. München: König K.
- Krämer. (2022). Lückenhalter im Milch-und Wechselgebiss: Space maintainers in the primary and mixed dentition. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde*, 44(2), 14-17.
- Krämer; Frankenberger. (2014). Füllungsmaterialien für das Milchgebiss. *Stomatologie*, 111(4-5), 166-170.
- Krichbaum; Kulzer. (2012). Compliance, Adherence, Empowerment: Durch bessere Kooperation mehr Erfolg in der Diabetestherapie. *MMW-Fortschritte der Medizin*, 154(1), 72-75.
- Kühnisch; Bücher; Tautz; Hickel. (2014). Frühkindliche Karies. *Wissen kompakt*, 8(1), 3-12.
- Kundu; Tripathi; Jaiswal; Ghoshal; Palit; Khanduja. (2016). Effect of fixed space maintainers and removable appliances on oral microflora in children: An in vivo: study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 34(1), 3-9.
- Laing; Ashley; Naini; Gill. (2009). Space maintenance. *International journal of paediatric dentistry*, 19(3), 155-162.
- Lauenstein-Krogbeumker. (2020). Beobachtungen über die Verwendung von Lückenhaltern aus einer deutschen Kinderzahnarztpraxis. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde*, 42(4), 130-140.
- Lee. (2015). Clinical Implications of the Premature Loss of the Mandibular Primary Canine. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 42(1), 87-101. doi: 10.5933/JKAPD.2015.42.1.87

- Leighton. (1978). Variationen der normalen Gebissentwicklung von der Geburt bis zum Erwachsenenalter. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 39(3), 181-195.
- Lucas-Rincón; Robles-Bermeo; Lara-Carrillo; Scougall-Vilchis; Pontigo-Loyola; Rueda-Ibarra, . . . Medina-Solís. (2019). Interproximal caries and premature tooth loss in primary dentition as risk factors for loss of space in the posterior sector: A cross-sectional study. *Medicine*, 98(11).
- Nadelman; Magno; Pithon; CASTRO; Maia. (2021). Does the premature loss of primary anterior teeth cause morphological, functional and psychosocial consequences? *Brazilian oral research*, 35.
- Nouri; Kennedy. (2013). Optimal fit of chairside-fabricated distal shoe space maintainer. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 14, 351-354.
- Özüdoğru; Tosun. (2021). Survival and clinical evaluation of various space maintainers used for early primary tooth loss. *International Dental Research*, 11(Suppl. 1), 222-227.
- Petersen; Bourgeois; Ogawa; Estupinan-Day; Ndiaye. (2005). The global burden of oral diseases and risks to oral health. *Bulletin of the World Health Organization*, 83, 661-669.
- Pieper; Jablonski-Momeni. (2008). Prävalenz der Milchzahnkaries in Deutschland. *Oralprophylaxe*, 30, 6-10.
- Qudeimat; Fayle; Stephen. (1998). The longevity of space maintainers: a retrospective study. *Pediatric dentistry*, 20, 267-272.
- Qudeimat; Sasa. (2015). Clinical success and longevity of band and loop compared to crown and loop space maintainers. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 16, 391-396.
- Ramadhani; Hidayat; Primarti. (2012). Compliance evaluation of removable space maintainer or space regainer usage. *Padjajaran Journal of Dentistry*, 24(1).
- Ramakrishnan; Dhanalakshmi; Subramanian. (2019). Survival rate of different fixed posterior space maintainers used in Paediatric Dentistry–A systematic review. *The Saudi dental journal*, 31(2), 165-172.
- Salbach; Schremmer; Grabowski; Stahl de Castrillon. (2012). Correlation between the frequency of eruption disorders for first permanent molars and the occurrence of malocclusions in early mixed dentition. *J Orofac Orthop*, 73(4), 298-306. doi: 10.1007/s00056-012-0083-2
- Schopf. (1991). *Curriculum Kieferorthopädie Band I und II*: Quintessenz Verlags-GmbH 4. überarbeitete Auflage 2008, Softcover 896 Seiten ....

- Schopf. (2008). Curriculum Kieferorthopädie Bd. II. 3. Aufl., Berlin: Quintessenz Verlags GmbH.
- Schulz-Weidner; Üsküdar; Krämer. (2012). FALLBERICHT-Mögliche Ursachen eines frühzeitigen Milchzahnverlustes. *Oralprophylaxe und Kinderzahnheilkunde*, 34(4), 176.
- Selvabalaji; Vasanthakumari; Ishwarya; Ekambareswaran; Rk. (2022). Prevalence of Early Primary Teeth Loss in 5-9-year-old Schoolchildren in and around Melmaruvathur: A Cross-sectional Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 23(10), 1004-1007.
- Steffen; van Waes. (2013). Undermining Resorption–Ectopic Eruption of the First Molar: Two Concepts–One Problem. *Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie*, 45(04), 227-234.
- Steitz. (1993). Die Evolution des Menschen.
- Stöckli; Ben-Zur; Elisha. (1994). Postnataler Wachstumsverlauf, Gesichts-, Kieferwachstum und Entwicklung der Dentition.): *Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen*. Thieme, Stuttgart.
- Tunc; Bayrak; Tuloglu; Egilmez; Isci. (2012). Evaluation of survival of 3 different fixed space maintainers. *Pediatric dentistry*, 34(4), 97E-102E.
- Van der Linden; Duterloo. (1980). *Die Entwicklung des menschlichen Gebisses: ein Atlas*: Quintessenz-Verlags-Gesellschaft.
- Watt; Ahmad; Adamji; Katsimbali; Ashley; Noar. (2018). Space maintainers in the primary and mixed dentition—a clinical guide. *British Dental Journal*, 225(4), 293-298.
- Weber. (2010). *Memorix Zahnmedizin*: Georg Thieme Verlag.