

Aus der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Haltbarkeit verschiedener Füllungsmaterialien an Milchmolaren - eine retrospektive
Studie

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

Vorgelegt von

Sepiede Hemmati
aus Mainz

Mainz, 2023

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

05. Februar 2024

„It always seems impossible until it is done.“ – Nelson Mandela

Meiner Familie in ewiger Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
1 Einleitung / Ziel der Arbeit	1
2 Literaturdiskussion.....	3
2.1 Karies	3
2.1.1 Ätiologie	3
2.1.2 Prävention	8
2.1.3 Karies bei Kindern	12
2.1.4 Frühkindliche Karies (Early Childhood Caries, ECC).....	15
2.2 Kariesbehandlung bei Kindern	18
2.3 Füllungstherapie im Milchgebiss	20
2.3.1 Glasionomerezemente	21
2.3.2 Komposite und Flow-Komposite	24
2.3.3 Kompomere.....	29
3 Material und Methoden	32
3.1 Studientyp	32
3.2 Ethikkomission	32
3.3 Auswahl der Patientendaten	32
3.4 Datenerfassung	34
3.5 Werkstoffklassen und Materialien	37
3.6 Statistische Auswertung	37
4 Ergebnisse.....	38
4.1 Patientenkollektiv	38
4.2 Geschlecht des Kindes.....	40

4.2.1	Geschlecht des Kindes und Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren	41
4.3	Füllungslokalisierung	42
4.4	Füllungsflächen	43
4.4.1	Initiale Füllungsflächen und Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren	44
4.5	Füllungsmaterialien	44
4.5.1	Initiales Füllungsmaterial und Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren	46
4.6	Füllungserneuerung	49
4.6.1	Füllungsmaterial bei den Erneuerungen	50
4.7	Weitere Behandlung der gefüllten Milchzähne	52
4.8	Behandlungsmethode	52
4.8.1	Behandlungsmethode ITN und Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren	52
4.9	Behandlungsort	53
5	Diskussion	55
5.1	Patientenkollektiv	55
5.2	Geschlecht des Kindes und Haltbarkeit der Füllungen an Milchmolaren	56
5.3	Füllungsflächen und Füllungslokalisierung	57
5.4	Füllungsmaterialien	58
5.5	Füllungserneuerung und Füllungsmaterial bei Erneuerung	61
5.6	Behandlungsort und Behandlungsmethode	62
6	Zusammenfassung	66
7	Literaturverzeichnis	67
8	Danksagung	88
9	Tabellarischer Lebenslauf	89

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
AAPD	American Academy of Pediatric Dentistry
ART	Atraumatic Restorative Treatment
Bis-GMA	Bisphenol-A-Glycidylmethacrylat
BMEL	Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft
BZfE	Bundeszentrum für Ernährung
bzw.	beziehungsweise
DAJ	Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege e.V.
DMFS-Index	Decayed-Missing-Filled-Surfaces-Index, permanente Dentition
dmfs-Index	decayed-missing-filled-surfaces-Index, Milchgebiss
DMS III	Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie
DMS V	Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie
ECC	Early Childhood Caries
et al.	und andere
GBD	Global Burden of Disease
Gew.-%	Gewichtsprozent
GIZ	Glasionomerzement
HGIZ	Hochvisköses Glasionomerzement
IDZ	Institut der Deutschen Zahnärzte
IP	Individualprophylaxe
ITN	Intubationsnarkose
KGIZ	Kunststoff-modifiziertes Glasionomerzement
MTA	Mineral Trioxid Aggregat
PZR	Professionelle Zahnreinigung
<i>S. mutans</i>	<i>Streptococcus mutans</i>
<i>S. sobrinus</i>	<i>Streptococcus sobrinus</i>
SDF	Silberdiaminfluorid
S-ECC	Severe Early Childhood Caries

SPSS	Statistical Package of the Social Sciences
TEGDMA	Triethylenglycoldimethacrylat
UDMA	Urethandimethacrylat
v. Chr.	vor Christus
WHO	World Health Organization, Weltgesundheitsorganisation

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1.1: Triade der Kariesentstehung (nach Keyes, 1969)	4
Abbildung 2.1.2: Faktoren der Kariesätiologie (nach König, 1971)	4
Abbildung 2.1.3: Stephan-Kurve (nach Stephan, 1944)	8
Abbildung 2.1.4: Empfehlung „Kariesprophylaxe mit Fluorid im Säuglings- und frühen Kindesalter“ des Netzwerks Gesund ins Leben, Teil des Bundeszentrums für Ernährung (BZfE) der Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Quelle: BLE 2021/www.gesund-ins-leben.de	12
Abbildung 3.3.1: Flow-Chart zur Auswahl der Patientendaten an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz	33
Abbildung 3.3.2: Flow-Chart zur Auswahl der Patientendaten in der Mainzer Zahnarztpraxis	34
Abbildung 4.1.1: Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs	38
Abbildung 4.1.2: Deskription des Alters der Patienten bei der initialen Füllungstherapie	39
Abbildung 4.1.3: Deskription des Alters der Patienten bei der initialen Füllungstherapie nach Behandlungsort	40
Abbildung 4.2.1: Anzahl der Füllungserneuerungen nach Geschlecht.....	42
Abbildung 4.3.1: Relative Häufigkeit der Füllungslokalisation	43
Abbildung 4.4.1: Relative Häufigkeit der initialen Füllungsflächen	44
Abbildung 4.5.1: Relative Häufigkeit des initialen Füllungsmaterials.....	45
Abbildung 4.5.2: Relative Häufigkeit des initialen Füllungsmaterials nach Geschlecht, Behandlungsort und Behandlungsmethode.....	46
Abbildung 4.5.3: Anzahl der Füllungserneuerungen nach Füllungsmaterial	48
Abbildung 4.6.1: Relative Häufigkeit der Füllungserneuerungen.....	49
Abbildung 4.6.2: Deskription der Haltbarkeitsdauer der initialen Füllungen in Jahren	50
Abbildung 4.6.3: Relative Häufigkeit der Füllungsmaterialien bei der 1. Erneuerung	51
Abbildung 4.6.4: Relative Häufigkeit der Füllungsmaterialien bei der 2. Erneuerung	51
Abbildung 4.7.1: Relative Häufigkeit weiterer Behandlungen an gefüllten Milchzähnen	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.4.1: Datenerhebung und Variablenkodierung in Microsoft Excel.....	36
Tabelle 4.2.1: Absolute Häufigkeiten der Füllungserneuerung nach Füllungsmaterialien und Geschlecht.....	41
Tabelle 4.5.1: Absolute und relative Häufigkeiten der Füllungserneuerung nach Füllungsmaterialien.....	47
Tabelle 4.8.1: Absolute Häufigkeiten der Füllungserneuerung an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz nach Füllungsmaterialien und Behandlungsmethode	53
Tabelle 4.9.1: Absolute Häufigkeiten der Füllungserneuerung nach Füllungsmaterialien und Behandlungsort	54

1 Einleitung / Ziel der Arbeit

Bei Kindern stellt Karies die häufigste chronische Erkrankung dar (Benjamin, 2010). In der im Jahr 2017 publizierte Global Burden of Disease Studie (GBD) der WHO (World Health Organization) wurde festgestellt, dass zu dem Zeitpunkt weltweit 2,3 Milliarden Menschen an unbehandelter Karies im bleibenden Gebiss und 532 Millionen Kinder an unbehandelter Karies der Milchzähne litten (Pitts et al., 2017, Bernabe et al., 2020). Somit hatte die unbehandelte Karies bleibender Zähne sowohl in Ländern mit niedrigem als auch mit hohem Einkommen die höchste Prävalenz unter den zehn häufigsten chronischen Erkrankungen des Menschen (Benzian und Listl, 2021). Die im Jahr 2016 durchgeführte Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V) des Instituts der Deutschen Zahnärzte (IDZ) präsentiert für Deutschland einen beträchtlichen Rückgang der Karies der bleibenden Zähne von Jugendlichen und Erwachsenen aller Bevölkerungsschichten (Jordan und Micheelis, 2016). Auch wenn es sozialschichtabhängige Unterschiede gibt, waren im Jahr 2016 acht von zehn 12-Jährigen komplett kariesfrei (Jordan und Micheelis, 2016). Dies stellt nahezu eine Verdopplung der kariesfreien Gebisse in dieser Altersklasse seit der DMS III aus dem Jahr 1997 dar (Micheelis und Reich, 1999, Jordan und Micheelis, 2016). Allerdings kann dieser positive Trend nicht im Milchgebiss beobachtet werden. Hier zeigt sich eine hohe Prävalenz der frühkindlichen Karies, der sogenannten Early Childhood Caries (ECC) bei Kindern unter 6 Jahren (Jordan et al., 2016, Seow, 2018, Bencze et al., 2021). Für Deutschland wird für die ECC eine stetige Prävalenz zwischen 10 %-15 % angenommen (Splieth et al., 2009).

Im Milchgebiss finden verschiedene Füllungsmaterialien ihren Einsatz (Andersson-Wenckert und Sunnegårdh-Grönberg, 2006). Bei der Materialauswahl spielen Faktoren wie die Ausdehnung der Defekte, Compliance und das Alter der Kinder, aber auch die finanziellen Aspekte eine Rolle (Andersson-Wenckert und Sunnegårdh-Grönberg, 2006, Weldon et al., 2016, Ehlers et al., 2019). In der Kinderzahnheilkunde werden in Deutschland Komposite, Kompomere und Glasionomerzemente (GIZ) als Füllungsmaterialien verwendet (Ehlers et al., 2019). Innerhalb der Komposite gibt es die Untergruppe der fließfähigen Komposite, die als sogenannte „Flowables“ oder Flow-Komposite bezeichnet werden. Der dentalen

Forschung ist es gelungen, fließfähige „Bulk-Fill“-Komposite zu entwickeln, die bis zu einer Inkrementstärke von 4 mm in einem Arbeitsschritt aufgetragen werden können (Flury et al., 2012, Czasch und Ilie, 2013). Dies ist besonders in der Kinderzahnheilkunde vorteilhaft, da hier schon lange der Bedarf an neuen Materialien mit einfacher Handhabung und kurzer Bearbeitungszeit bestand (Ehlers et al., 2019, Sarapultseva und Sarapultsev, 2019). Der Werkstoff Amalgam darf seit dem 01. Juli 2018 nur noch in Ausnahmefällen für Kinder unter 15 Jahren als Füllungsmaterial verwendet werden (Bundeszahnärztekammer, Juni 2018). Bei ausgedehnten Defekten kommen auch konfektionierte Kinderkronen aus verschiedenen Materialien zum Einsatz (Innes et al., 2015, Lopez-Cazaux et al., 2019). Obwohl in einigen Evidenz-basierten Studien die Erfolgsraten verschiedener Füllungsmaterialien in der Kinderzahnheilkunde verglichen werden (Yengopal et al., 2009, Innes et al., 2015), gibt es derzeit nur wenige aktuelle Studien, die auch Bulk-Fill als Füllungsalternative berücksichtigen (Ehlers et al., 2013, Ehlers et al., 2019, Sarapultseva und Sarapultsev, 2019, Akman und Tosun, 2020).

Das Ziel der vorliegenden retrospektiven Untersuchung war es, die Haltbarkeit von unterschiedlichen Füllungsmaterialien (Komposit, Flow-Komposit, Kompomer und GIZ) zu beurteilen, die an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und in einer Mainzer Zahnarztpraxis durch erfahrene Behandler an Milchmolaren verwendet wurden. Für die Hauptfragestellung (H) wurde folgende Nullhypothese (H_0) formuliert:

Es gibt keinen Unterschied in der Haltbarkeit der verschiedenen Füllungsmaterialien (Komposit, Flow-Komposit, Kompomer und GIZ) an Milchmolaren.

Als Nebenfragestellung (N) ergab sich folgende Hypothese (N_0):

Es gibt keinen Unterschied in der Haltbarkeit der Füllungen zwischen der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und der Mainzer Zahnarztpraxis.

2 Literaturdiskussion

2.1 Karies

Karies ist eine Biofilm-assoziierte, Substrat-abhängige, multifaktorielle Erkrankung, die in einem Verlust von Zahnhartsubstanz resultiert (Fejerskov, 1997, Pitts et al., 2017, Machiulskiene et al., 2020). Sie wird durch biologische, verhaltensbezogene, psychosoziale und ökologische Faktoren bestimmt (Machiulskiene et al., 2020).

2.1.1 Ätiologie

Der Begriff „Karies“ wurde erstmals 1634 beschrieben und bedeutet aus dem Lateinischen übersetzt etwa „Fäule“ oder „Morschheit“ (Rathee und Sapra, 2022). Jedoch gab es bereits viel früher, etwa 5000 v. Chr., prähistorische Funde von Texten, die die Karies als Krankheit beschrieben (Sabbatani und Fiorino, 2016, Rathee und Sapra, 2022). Damals glaubte man jedoch fälschlicherweise an die Existenz eines „Zahnwurms“, der ursächlich für das Loch im Zahn sei (Gerabek, 1999, Sabbatani und Fiorino, 2016, Rathee und Sapra, 2022). Im Laufe der Jahrhunderte wurden eine Reihe verschiedener Theorien zur Pathogenese der Karies entwickelt. Miller publizierte im Jahr 1889 seine chemo-parasitäre Theorie zur Kariesentstehung und bildete damit die Grundlage moderner Kariestheorien (Miller, 1889). Er beschrieb die Verstoffwechslung von Kohlenhydraten zu Säuren durch Mikroorganismen und folglich die Entkalkung von Zahnschmelz und Dentin durch diesen Säureangriff (Miller, 1889). In einem weiteren Schritt würden ihm zufolge Bakterien in das erweichte Dentin eindringen und dieses zerstören (Miller, 1889). Im Jahr 1960 veröffentlichte Keyes seine Ergebnisse zu Experimenten an Hamstern und Ratten, die zeigen konnten, dass es sich bei der Karies um eine bakteriell übertragbare Infektionskrankheit handelt (Keyes, 1960). Keyes erkannte des Weiteren, dass Karies einen multifaktoriellen Prozess darstellt (Keyes, 1960). Er beschrieb als Erster das Zusammenspiel der Trias aus Substrat, Bakterien und Wirt als Ursache der Karies und veranschaulichte diesen Zusammenhang in einem Venn-Diagramm (Keyes, 1969). Abbildung 2.1.1 zeigt die Beziehung der drei Faktoren, die für die Kariesentstehung essentiell sind. Wie zu erkennen ist, entsteht Karies nur dann, wenn alle drei Faktoren gleichzeitig vorhanden sind (Keyes, 1969).



Abbildung 2.1.1: Triade der Kariesentstehung (nach Keyes, 1969)

König vervollständigte dieses Diagramm im Jahr 1971 mit einem weiteren wichtigen Faktor – der Zeit (König, 1971). In Abbildung 2.1.2 ist das modifizierte Diagramm (nach König, 1971) dargestellt. Fasst man die Erkenntnisse von Keyes und König zusammen, sind demnach der Wirtsorganismus mit seinem Zahn, die Mikroorganismen, die in Form von Plaque auf dem Zahn angesiedelt sind, das Substrat, das vorwiegend aus niedermolekularen Kohlenhydraten besteht sowie die Einwirkzeit von Substrat und Mikroorganismen auf den Zahn entscheidend für die Entstehung einer Karies (Keyes, 1969, König, 1971).



Abbildung 2.1.2: Faktoren der Kariesätiologie (nach König, 1971)

Dem Wirt selbst als Individuum kommt eine besondere Bedeutung bei der Entstehung der Karies zu. Anatomische Gegebenheiten, wie beispielsweise Zahnfehlstellungen oder Krankheiten, die die Speichelzusammensetzung betreffen, zum Beispiel das Sjögren-Syndrom, können ebenfalls zu einem Anstieg der Karieshäufigkeit führen (Mathews et al., 2008, Lynch, 2013). Allerdings kann der Wirt durch sein Verhalten, speziell durch seine Ernährungsgewohnheiten und Mundhygiene, die Kariesentstehung verhindern (Löe, 2000). In mehreren Studien konnte bei steigendem Zuckerkonsum auch ein Zuwachs im Auftreten von Karies beobachtet werden (Moynihan und Kelly, 2014, Moynihan, 2016). Die in Schweden zwischen den Jahren 1945 bis 1953 durchgeführte Vipeholm-Studie zeigte außerdem, dass nicht nur die Menge, sondern auch die Frequenz des Zuckerkonsums mit der Entwicklung kariöser Läsionen korreliert (Gustafsson et al., 1954). Sie verdeutlichte ebenfalls, dass vor allem sehr klebrige zuckerhaltige Speisen einen vermehrten Kariesbefall verursachen (Gustafsson et al., 1954). Eine Publikation aus dem Jahr 1984 mit Untersuchungen an 11-jährigen Schulkindern wies darauf hin, dass bei der Kariogenität die Menge des aufgenommenen Zuckers ausschlaggebender als die Frequenz der Zuckeraufnahme sei (Rugg-Gunn et al., 1984).

Bei den Substraten, die bei der Kariesentstehung eine Rolle spielen, handelt es sich um niedermolekulare Kohlenhydrate, vorwiegend Mono- oder Disaccharide (Raab, 2013). Diese werden von kariogenen Bakterien durch Fermentation zu organischen Säuren umgewandelt (Du et al., 2020). Die wichtigsten von kariogenen Bakterien fermentierbaren Kohlenhydrate sind Saccharose, Glucose und Fructose (Sheiham, 1983, Du et al., 2020). Allen voran wird dem Disaccharid Saccharose, auch als „Erzkrimineller“ bekannt (Newbrun, 1967, Newbrun, 1969), das größte kariogene Potenzial nachgesagt (Paes Leme et al., 2006, Anderson et al., 2009). Dies liegt daran, dass es als einziges Kohlenhydrat zusätzlich zu seiner Fermentierbarkeit, als Substrat für die Synthese extrazellulärer Glucane dient (Zero, 2004, Paes Leme et al., 2006). Das Exopolysaccharid Glucan spielt eine bedeutende Rolle bei der Bildung der dentalen Plaque und wird vor allem vom Gram-positiven Bakterium *Streptococcus mutans* synthetisiert (Hamada und Slade, 1980). Glucan ist entscheidend für die Virulenz von *S. mutans*, da es die Adhäsion an die Pellikel auf der Zahnoberfläche ermöglicht (Bowen, 2002, Banas, 2004). Üblicherweise ist das

Vorkommen von *S. mutans* in der Plaque innerhalb von 6-24 Monaten von einer klinisch manifesten Karies gefolgt (Loesche et al., 1984, Forssten et al., 2010). Generell handelt es sich bei der dentalen Plaque um einen Biofilm, bestehend aus einer extrazellulären Matrix mit Mikroorganismen sowie Polymeren des Wirts und der Bakterien (Marsh und Bradshaw, 1995, Marsh, 2004, Marsh, 2005). Die Entstehung der Plaque kann in mehrere Stadien unterteilt werden (Marsh, 2006, Marsh et al., 2011, Huang et al., 2011):

1. Pellikelformation
2. Initiale Adhäsion
3. Reifung
4. Ablösung und Verbreitung

Sie beginnt mit der Bildung der erworbenen Pellikel auf der sauberen Zahnschmelzoberfläche des Zahnes (Marsh und Bradshaw, 1995, Marsh, 2006, Huang et al., 2011). Die Pellikel besteht aus Proteinen, Kohlenhydraten und Lipiden aus dem Speichel (Hannig und Joiner, 2006, Hannig und Hannig, 2014). Anschließend erfolgt die initiale bakterielle Adhäsion an die erworbene Pellikel, welche reversibel ist (Marsh und Bradshaw, 1995, Marsh, 2006, Huang et al., 2011). Die primären Besiedler bestimmen dabei die weitere bakterielle Besiedlung (Marsh und Bradshaw, 1995). Bei den Primärbesiedlern der dentalen Plaque handelt es sich größtenteils um Streptokokken, vorwiegend *S. mutans*, Laktobazillen und Actinomyceten (Chenicheri et al., 2017). An diese heften sich die sekundären Besiedler und es kommt zu Interaktionen zwischen Primär- und Sekundärbesiedlern, wodurch es zur Reifung der Plaque kommt (Kolenbrander et al., 2006). Letztlich verlassen einige Spezies die reife Plaque, um an anderer Stelle einen neuen Biofilm zu bilden (Marsh, 2004, Huang et al., 2011). Die heutzutage angenommene ökologische Plaquehypothese betrachtet die Karies als Störung des ökologischen Gleichgewichts der Bakterienzusammensetzung innerhalb der Plaque (Marsh, 1994). Dabei kommt es bei erhöhter Zufuhr fermentierbarer Kohlenhydrate zu einer Verschiebung zugunsten der säuretoleranten Säurebildner *S. mutans* und *S. sobrinus*, zusammengefasst als Mutans-Streptokokken sowie Laktobazillen (Marsh, 1994). Diese metabolisieren die Kohlenhydrate rasch zu organischen Säuren, hauptsächlich zu Laktat, einer starken Säure, jedoch zu einem gewissen Teil

auch zu Pyruvat, Propionat und Butyrat (Loesche, 1986, Dashper und Reynolds, 1996, Ahn et al., 2019, Letieri et al., 2022). Die von den Bakterien gebildeten Säuren senken den pH-Wert in der Plaqueflüssigkeit auf der Zahnschmelzoberfläche (Margolis und Moreno, 1994, Dashper und Reynolds, 1996)

Der Zahnschmelz stellt die härteste Substanz des Körpers dar und besteht vorwiegend aus Hydroxylapatit (Beniash et al., 2019, Diez-García et al., 2022). Es ist in Form eines Kristallgitters aufgebaut und die chemische Formel lautet $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (Simmer et al., 2020). Sinkt der Plaque-pH durch den Säureangriff unter den für Zahnschmelz kritischen Wert von 5,5, werden Calcium- und Phosphationen aus dem Schmelzgitter des Schmelzes herausgelöst (Lussi et al., 2011, Bowen, 2013, Abou Neel et al., 2016, Zero, 2017). Somit kommt es zur Demineralisation des Zahnschmelzes (Dashper und Reynolds, 1996, Cross et al., 2009). Durch die Nahrungsaufnahme kommt es regelmäßig zu Demineralisations- und Remineralisationsvorgängen, die sich im Gleichgewicht halten (Zero, 2017). Stephan beschrieb im Jahr 1944 anhand eines Graphen (Abbildung 2.1.3) den Zusammenhang zwischen der Aufnahme fermentierbarer Kohlenhydrate und dem pH-Wert der Plaque (Stephan, 1944). Wenige Minuten nach Mundspülung mit einer Glucose-Lösung beobachtete er einen Fall des pH-Wertes unter den kritischen von Wert von 5,5, an dem die Demineralisation des Zahnschmelzes einsetzt (Stephan, 1944). Danach war durch Elimination der Säuren ein Anstieg des pH-Werts zu verzeichnen, der schließlich nach etwa 60 Minuten dem initialen pH-Wert entsprach (Stephan, 1944). Dieser Zeitraum gleicht der Remineralisation des Zahnschmelzes. Entsprechend bleibt der pH-Wert beim Konsum einer größeren Menge Zucker länger erniedrigt, da die Bakterien mehr Substrat zur Verfügung haben und länger Säuren produzieren können (Bowen, 2013). Die Stephan-Kurve verdeutlicht, dass bei häufigem wiederholten Zuckerkonsum der pH-Wert im niedrigen Bereich persistiert und keine vollständige Remineralisation erlaubt (Stephan, 1944). Stephan diskutierte unter anderem die Pufferkapazität und die Fließrate des Speichels als mögliche Faktoren im Zusammenhang mit der De- bzw. Remineralisation des Zahnschmelzes (Stephan, 1944).

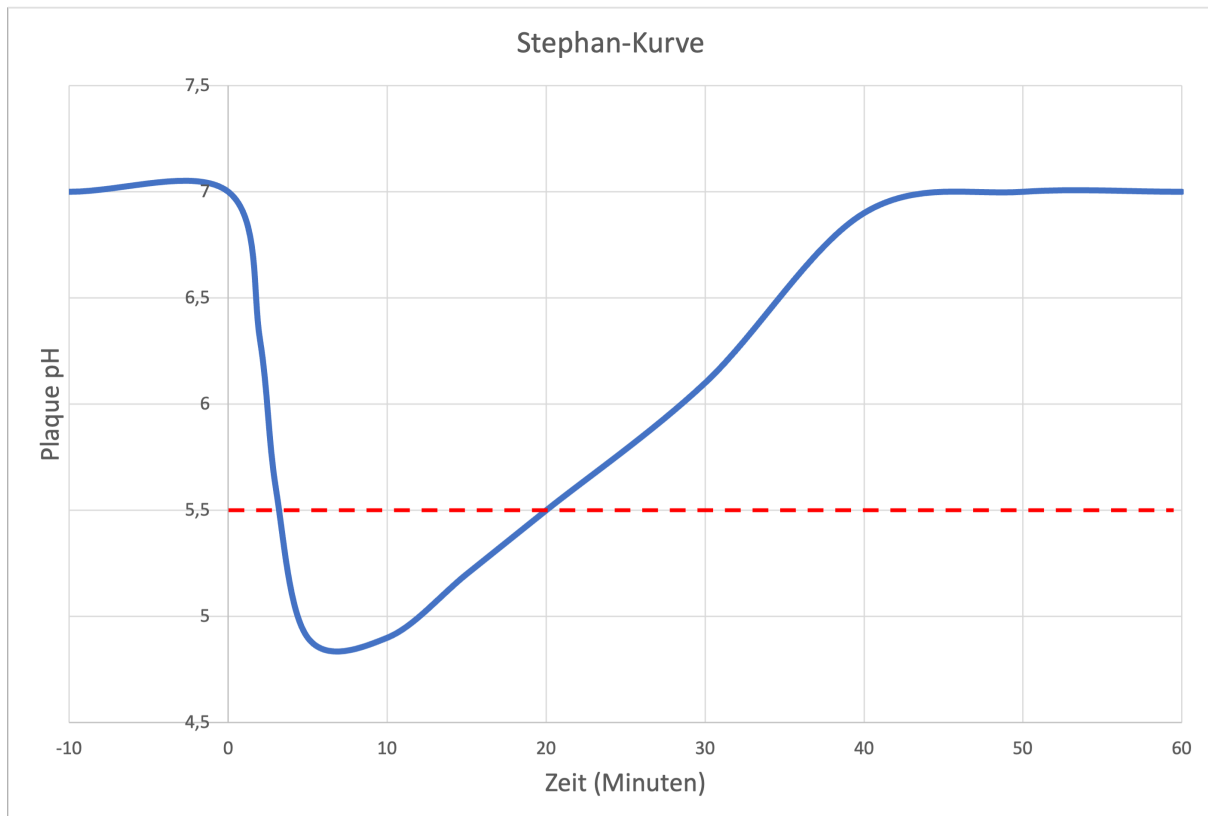


Abbildung 2.1.3: Stephan-Kurve (nach Stephan, 1944)

Es gilt mittlerweile als bekannt, dass die Menge, die Zusammensetzung und die Fließrate des Speichels bedeutende Aspekte bei der Kariesentstehung darstellen. In einer Studie konnte gezeigt werden, dass ein dauerhaft niedriger Speichel-pH-Wert von unter oder gleich 6,0, mit einem Anstieg der dentalen Karies einherzugehen scheint (Cunha-Cruz et al., 2013). Außerdem war bei den über 65-jährigen Patienten in der Studie zu beobachten, dass eine erniedrigte Speichelfließrate ebenfalls zu einer Erhöhung der kariösen Läsionen führte (Cunha-Cruz et al., 2013). Andere Autoren beschreiben, dass Patienten, die unter Xerostomie mit einer verminderten oder fehlenden Speichelfließrate leiden, eine erhöhte Prävalenz für Karies aufweisen (Närhi et al., 1999). Stookey berichtet weiterhin über eine Veränderung der Speichelzusammensetzung durch Stimulation des Speichelflusses (Stookey, 2008).

2.1.2 Prävention

Der Speichel erfüllt essentielle (kario-)protektive Aufgaben im Mund. Die wichtigsten davon sind das Abpuffern von Säuren, die Spülfunktion (Clearance), antimikrobielle Eigenschaften und die Übersättigung mit Calcium- und Phosphat-Ionen, welche essentiell für die Remineralisation initialer kariöser Läsionen sind (Dowd, 1999,

Llena-Puy, 2006, Preethi et al., 2010). Alle diese Funktionen hängen mit den einzelnen Komponenten des Speichels zusammen. Die Pufferkapazität des Speichels bei einem Säureangriff ist auf drei Puffersysteme zurückzuführen (Bardow et al., 2000). Der prominenteste davon ist der Bicarbonatpuffer, der bei Säurezufuhr mithilfe von HCO_3^- -Ionen die Protonen (H^+ -Ionen) abfängt und bindet (Lilienthal, 1955, Bardow et al., 2000). An zweiter Stelle ist der Phosphatpuffer zu nennen, der im Ruhespeichel dominiert und eine wesentliche Rolle bei der Pathogenese von Karies spielt (Makawi et al., 2017). Im Gegensatz zu Bikarbonat ist die Konzentration an Phosphat im Ruhespeichel höher als in stimuliertem Speichel (Bardow et al., 2000). Die Phosphat-Ionen fangen analog zum Bikarbonat Protonen ab, binden diese und erhöhen dadurch den pH-Wert (Bardow et al., 2000). Ein weiteres Puffersystem stellt der Proteinpuffer dar. Bekannt ist, dass circa 1000 Proteine im menschlichen Speichel vorkommen, jedoch konnten die für die Pufferwirkung verantwortlichen Proteine bis dato nicht identifiziert werden (Cheaib und Lussi, 2013). Es gibt Hinweise darauf, dass das Enzym α -Amylase als einer der Proteinpuffer im Speichel fungieren könnte (Lamanda et al., 2007, Cheaib und Lussi, 2013). Menschlicher Speichel enthält außerdem eine Reihe antimikrobieller Proteine, darunter Lysozym, Laktoferrin und Laktoperoxidase, die auf unterschiedliche Weisen ein unkontrolliertes bakterielles Wachstum verhindern (van 't Hof et al., 2014, Lynge Pedersen und Belstrøm, 2019). Lysozym, ein Enzym, greift die Zellwand von Bakterien an und führt zum Zelltod durch Lyse (Van Nieuw Amerongen et al., 2004). Das Glykoprotein Laktoferrin inhibiert das Zellwachstum von Bakterien, in dem es Chelate mit dem für Bakterien essentiellen Eisen bildet (Van Nieuw Amerongen et al., 2004). Die Laktoperoxidase inhibiert das Bakterienwachstum durch Katalyse der Reaktion von Thiocyanat zu Hypothiocyanat, welches eine antimikrobielle Wirkung hat (Van Nieuw Amerongen et al., 2004, Dua et al., 2006).

Da das Vorkommen von Plaque elementar für die Entwicklung von Karies ist, zielen Kariesprophylaxemaßnahmen vor allem auf die Prävention bzw. Entfernung der Plaque (Marsh, 2010, Lee, 2013). Dies soll einerseits im Rahmen der häuslichen Mundhygiene durch geeignete Hilfsmittel wie Zahnbürsten, Zahnseide und Mundspüllösungen erreicht werden (Lee, 2013). Andererseits sollte zur Kariesprävention die regelmäßige Zahnsteinentfernung bzw. Professionelle Zahnreinigung (PZR) inklusive Mundhygieneinstruktion vom zahnmedizinischen

Fachpersonal erfolgen (Bellini et al., 1981, Mori et al., 2000). Anhand von Studien konnte gezeigt werden, dass die PZR einen größeren kariespräventiven Effekt hervorbringt als die häuslich betriebene Mundhygiene (Bellini et al., 1981). Somit scheint die Qualität der Reinigung entscheidender zu sein, als die Frequenz (Bellini et al., 1981). Neben der häuslichen Mundhygiene, PZR und zahngesunden Ernährung stellt die Fluoridierung eine weitere wichtige Maßnahme der Kariesprophylaxe dar. Daher ist auch im Zusammenhang mit der PZR die topische Applikation von Fluorid zum Abschluss der Behandlung vorgesehen. Bereits seit über 100 Jahren wird die Anwendung von Fluoriden als Kariesprophylaxe angeraten (Riordan, 1999). Jedoch gewann sie erst seit den 1950er und 1960er Jahren an Popularität, als in Europa der breite Einsatz von Fluoridtabletten als Präventionsmaßnahme begann (Marthaler, 2003).

Chemisch gesehen handelt es sich bei Fluoriden um Salze der Flusssäure (HF). Sie werden in der Zahnmedizin in Form von Natrium-, Amin- oder Zinnfluorid eingesetzt. Man unterscheidet bei der Applikation von Fluorid die lokale von der systemischen Anwendung (Hellwig und Lennon, 2004). Die systemische Fluoridgabe ist in Form von Trinkwasser, Speisesalz oder Tabletten möglich und hat die präeruptive Aufnahme von Fluorid in den Zahnschmelz zum Ziel (Schiffner, 2021). Die lokale Anwendung kann auf zahlreiche Arten wie mit Fluoridlacken, Fluoridgelen, Zahnpasten und fluoridhaltigen Mundspüllösungen erfolgen (Schiffner, 2021). Es ist mittlerweile wissenschaftlich erwiesen, dass die präeruptive systemische Fluoridgabe von untergeordneter Bedeutung ist, da ihre kariespräventive Wirkung viel geringer als bei der posteruptiven lokalen Applikation ausfällt (Thylstrup, 1990, Featherstone, 1999). Sowohl für Kinder als auch für Erwachsene ist die topische Anwendung von Fluorid zur Kariesprophylaxe am effektivsten (Featherstone, 1999). In einer Meta-Analyse konnte durch die zwei- bis viermal jährliche Applikation von Fluoridlack eine Kariesreduktion, repräsentiert durch den DMFS- bzw. dmfs-Index, um 43 % im bleibenden Gebiss und 37 % im Milchgebiss festgestellt werden (Marinho et al., 2013). Dem kariespräventiven Effekt von Fluorid liegen drei Mechanismen zugrunde (Featherstone, 1999, Lynch et al., 2004). An erster Stelle steht die Verhinderung der Demineralisation der Kristalloberfläche des Zahnschmelzes (Featherstone, 1999, Lynch et al., 2004). Weiterhin führt Fluorid zu einer Verbesserung der Remineralisation der Schmelzoberfläche (Featherstone, 1999, Lynch et al., 2004,

Cury und Tenuta, 2009). Dies ist dadurch bedingt, dass die Anwesenheit von Fluorid zu einer vermehrten Einlagerung von Calcium und Phosphat in den Zahnschmelz führt (Ten Cate und Buzalaf, 2019). Wenn anstelle der OH-Gruppe von Hydroxylapatit ein Fluor-Ion (F^-) eingebaut wird, entsteht Fluorapatit, das besonders widerstandsfähig gegen Säureattacken ist (Featherstone, 1999). Schließlich hemmt Fluorid die bakterielle Aktivität durch Inhibition bakterieller Enzyme (Featherstone, 1999, Lynch et al., 2004). Bradshaw et al. (1990) wählten in einem Experiment die kontinuierliche Kultur mit unterschiedlichen Bakterienarten als Modell der Zahnplaque. Sie stellten fest, dass die Zugabe von Natriumfluorid zur Kultur gleichzeitig zu einem verminderten Abfall des pH-Werts und folglich der Verhinderung der Anreicherung von *S. mutans* führte (Bradshaw et al., 1990). Laktobazillen hingegen erwiesen sich als Fluorid-resistent und wurden weiterhin in der Kultur angereichert (Bradshaw et al., 1990). Fluorid ist außerdem in der Lage, initiale kariöse Läsionen, sogenannte „White Spots“, zu remineralisieren (Ten Cate, 1990, Shen et al., 2020). In einer Studie konnte die Remineralisation initialer kariöser Läsionen ebenso im Milchgebiss festgestellt werden (Hellwig et al., 2010). Festzuhalten ist, dass es ohne Fluorid sehr selten eine Kariesfreiheit beim Menschen gibt (Bowen, 2013). Falls diese tatsächlich existent sein sollte, dann ist dies mit dem erhöhten Vorkommen von bestimmten Ammonium-produzierenden Peptiden im Speichel zusammenhängend (Bowen, 2013). Andererseits reichen bereits sehr geringe Mengen Fluorid aus, um eine remineralisierende Wirkung zu erzielen (Lynch et al., 2004, Cury und Tenuta, 2009, Ten Cate und Buzalaf, 2019).

Jahrelang herrschte zwischen Zahnärzten und Pädiatern Uneinigkeit bei den Fluoridempfehlungen für Kleinkinder, die zu Verunsicherungen bei Eltern führte. Im Jahr 2021 kamen beide Gruppen zu einem Konsens und entwarfen koordiniert durch das Netzwerk „Gesund ins Leben“ eine gemeinsame einheitliche Handlungsempfehlung zur Fluoridprophylaxe bei Kleinkindern (Berg et al., 2021). Abbildung 2.1.4 zeigt die Grafik mit den Kernaussagen für die praktische Umsetzung im Alltag zur Kariesprophylaxe bei Kleinkindern. Ab Geburt bis zum Durchbruch des ersten Milchzahnes werden vom Kinderarzt Vitamin-D-Tabletten mit Fluorid verordnet (Berg et al., 2021). Bei Variante 1 kann ab Zahndurchbruch bis zum ersten Lebensjahr die Gabe weitergeführt werden und Zähneputzen mit fluoridfreier Zahnpasta etabliert werden (Berg et al., 2021). Alternativ kann bei Variante 2 ab

Zahndurchbruch der Umstieg auf Vitamin-D-Präparate ohne Fluorid vollzogen und mit fluoridhaltiger Zahnpasta kombiniert werden (Berg et al., 2021). Ab dem zweiten Geburtstag ist das regelmäßige Zähneputzen mit ausschließlich fluoridhaltiger Zahnpasta indiziert (Berg et al., 2021). Die Fluoridkonzentration soll bis zum 6. Lebensjahr bei 1000 ppm liegen (Berg et al., 2021).

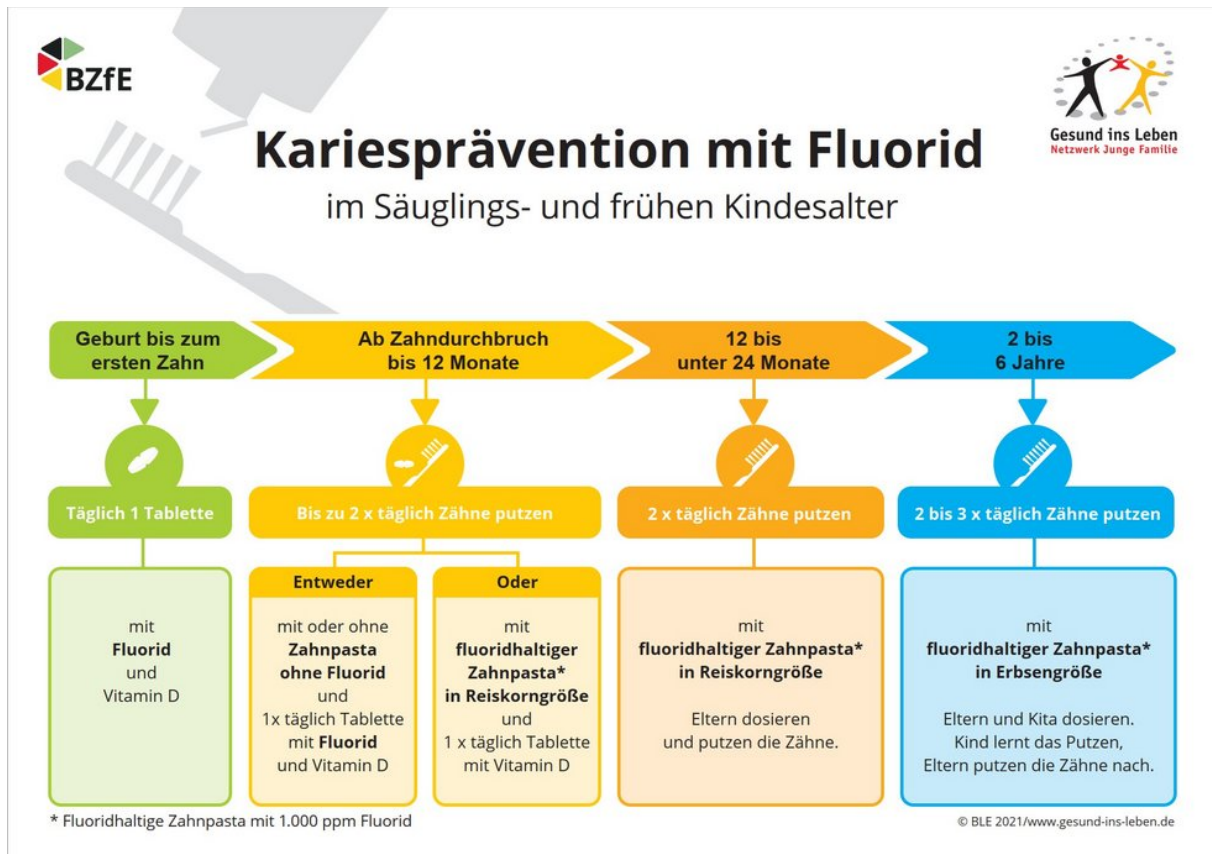


Abbildung 2.1.4: Empfehlung „Kariesprophylaxe mit Fluorid im Säuglings- und frühen Kindesalter“ des Netzwerks Gesund ins Leben, Teil des Bundeszentrums für Ernährung (BZfE) der Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Quelle: BLE 2021/www.gesund-ins-leben.de

2.1.3 Karies bei Kindern

Weltweit ist seit dem Ende des 20. und der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts ein Rückgang der Kariesprävalenz zu beobachten (Lagerweij und van Loveren, 2015). Dieser Effekt wird unter dem Begriff „Caries Decline“, zu Deutsch „Kariesrückgang“ festgehalten (Glass, 1982). Der Caries Decline bei Kindern konnte in den meisten industrialisierten Staaten unabhängig voneinander registriert werden (Petersson und Bratthall, 1996). In der Altersgruppe der 12-Jährigen konnte, gemessen am DMFT-Index, im westlichen Europa und der USA eine Verringerung der Kariesprävalenz um

90 % verzeichnet werden (Lagerweij und van Loveren, 2015, Maldupa et al., 2021). Der Rückgang der Kariesprävalenz wird vor allem auf die Etablierung fluoridhaltiger Zahnpasten zurückgeführt (Glass, 1982, Lagerweij und van Loveren, 2015). Marinho et al. fassten im Jahr 2003 eine Reihe Studien zusammen, die zeigen konnten, dass Kinder die mindestens einmal täglich mit fluoridhaltiger Zahnpasta Zähne putzten, weniger Karies aufwiesen (Marinho et al., 2003). Weiterhin stellten sie fest, dass zweimaliges Zähneputzen pro Tag diesen Effekt zusätzlich zu erhöhen schien (Marinho et al., 2003).

Der rückwärtige Trend konnte auch speziell für Deutschland anhand der seit den 1980er Jahren durchgeführten Deutschen Mundgesundheitsstudie bestätigt werden. Im Jahr 2016 waren laut DMS V acht von zehn 12-Jährigen komplett kariesfrei (Jordan und Micheelis, 2016). Im Vergleich zur DMS III im Jahr 1997 konnte somit nahezu eine Verdopplung der kariesfreien Gebisse in dieser Altersklasse erreicht werden (Micheelis und Reich, 1999, Jordan und Micheelis, 2016). Das Team der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege e.V. (DAJ) stellte anhand epidemiologischer Studien fest, dass in Deutschland etwa 80 % der 12-jährigen Sechstklässler kariesfreie Gebisse aufwiesen (Team DAJ, 2017). Der mittlere DMFT-Wert lag dabei bei 0,44 (Team DAJ, 2017). Im internationalen Vergleich war somit Deutschland gemeinsam mit Dänemark Spitzenreiter hinsichtlich der Zahngesundheit bei 12-Jährigen (Team DAJ, 2017). Ursächlich für diese positive Entwicklung war vor allem die Einführung der Individual- und Gruppenprophylaxe für Kinder und Jugendliche in den letzten Jahrzehnten (Kocher et al., 2021, Schmoeckel et al., 2021). Diese Maßnahmen werden von der gesetzlichen Krankenversicherung übernommen, sodass kein sozialer Nachteil entstehen kann. Die halbjährliche Individualprophylaxe (IP), die für Kinder zwischen 6 und 17 Jahren gilt, stellt eine wichtige Maßnahme in der Kariesprävention bei Kindern dar (Schmoeckel et al., 2021, Schulte und Schmidt, 2021). Im Rahmen dieser Leistung wird der Mundhygienestatus (IP1) erhoben, wonach sich die weitere Aufklärung richtet. Im Anschluss daran erfolgt die Mundgesundheitsaufklärung (IP2) der Kinder und Erziehungsberechtigten inklusive der Empfehlung zur häuslichen Fluoridnutzung (Splieth et al., 2017). Vom zahnmedizinischen Fachpersonal wird daraufhin die richtige Zahnputztechnik gezeigt, kontrolliert und eventuelle Schwachstellen werden aufgezeigt (IP2). Zum Abschluss der Behandlung wird in der Regel höher

konzentriertes Fluorid appliziert (IP4) (Splieth et al., 2017). Weiterhin wird deutschlandweit für die Kariesprävention die Gruppenprophylaxe in Kindergärten und Schulen bis zur 6. Klasse angeboten (Deinzer et al., 2019). Regelmäßig besuchen ausgewählte Zahnärztinnen und Zahnärzte die Kinder zwischen 3 und 12 Jahren. Das Ziel ist die Untersuchung, Motivation zum Zähneputzen und Aufklärung über die korrekte Zahnputztechnik und Ernährung. Die Gruppenprophylaxe ist ein wichtiges Instrument, um soziale Ungleichheit zu kompensieren, da sie auch die Kinder erreicht, die sonst keinen Zahnarzt aufsuchen würden (Krämer, 2017, Team DAJ, 2017).

Trotz all dieser Präventivmaßnahmen gilt Karies bei Kindern als häufigste chronische Erkrankung (Benjamin, 2010). Dabei sind die wichtigsten Kariesformen bei Kindern frühkindliche Karies, Karies im Milchgebiss und okklusale Karies an bleibenden Zähnen (Splieth et al., 2020). Der zweite Milchmolar und der erste bleibende Molar sind am häufigsten von Karies betroffen (Brown und Selwitz, 1995, Lin et al., 2021). Der erste bleibende Molar wird als bedeutendster Zahn im bleibenden Gebiss betrachtet und hat eine Schlüsselfunktion bei der Okklusion (Ebrahimi et al., 2010, Que et al., 2021). Weiterhin wird die okklusale Fläche des ersten bleibenden Molars auch als die am häufigsten restaurierte Zahnfläche angesehen (Carvalho et al., 2016). Daher ist es notwendig, die okklusale Fläche dieses Zahnes bereits nach dem Durchbruch im Kindesalter durch präventive Maßnahmen zu schützen (Splieth et al., 2020). Eine etablierte Methode hierfür ist die Versiegelung von Fissuren und Grübchen mit einem dünnfließenden Material, zumeist Kunststoff oder GIZ (Mejäre et al., 2003, Ahovuo-Saloranta et al., 2004, Ahovuo-Saloranta et al., 2017, Kühnisch et al., 2017). Die Fissurenversiegelung an bleibenden Molaren wird bei Kindern ab 6 Jahren bis zum 18. Geburtstag im Rahmen der Individualprophylaxe (IP5) von der gesetzlichen Krankenversicherung übernommen (Schmoeckel et al., 2021).

Im Gegensatz zu den rückläufigen Karieszahlen im bleibenden Gebiss von Kindern ist Karies im Milchgebiss noch recht häufig (Santamaria et al., 2019). Die im Jahr 2017 publizierte GBD der WHO stellte fest, dass zu dem Zeitpunkt weltweit 532 Millionen Kinder an unbehandelter Karies der Milchzähne litten (Pitts et al., 2017, Bernabe et al., 2020). Für Deutschland lassen sich im Milchgebiss in den letzten Jahren stagnierende oder teils steigende Karieszahlen feststellen (Team DAJ, 2017).

Die sinkende Kariesprävalenz bei 12-jährigen Kindern im Wechselgebiss in Deutschland geht gleichzeitig mit einer Kariespolarisierung einher (Jordan und Micheelis, 2016, Krämer, 2017, Schmoeckel et al., 2021). Diese Polarisierung ist vor allem sozialer Natur (Schmoeckel et al., 2021). Während viele Kinder kariesfrei sind, liegt nahezu die gesamte Karieslast auf etwa 20 % kariesaktiver Kinder, die aus niedrigen sozioökonomischen Verhältnissen stammen (Team DAJ, 2017, Splieth et al., 2020). Innerhalb Deutschlands ließen sich auch soziodemografische Unterschiede in der Karieserfahrung im Milchgebiss feststellen (Pieper und Jablonski-Momeni, 2008). In den meisten Bundesländern konnte im Milchgebiss eine Kariesreduktion beobachtet werden, darunter auch in Rheinland-Pfalz (Pieper und Jablonski-Momeni, 2008, Team DAJ, 2017). Allerdings stagnierten in einigen Bundesländern die dmft-Werte; in Berlin, Brandenburg und Thüringen war sogar eine Karieszunahme im Milchgebiss zu verzeichnen (Pieper und Jablonski-Momeni, 2008). Auch wenn sich der Sanierungsgrad kariöser Milchzähne deutschlandweit weitestgehend verbesserte, fehlte im Jahr 2004 bei 45,3 % bis 60 % kariöser Milchzähne eine Versorgung mit einer intakten Füllung (Pieper und Jablonski-Momeni, 2008).

2.1.4 Frühkindliche Karies (Early Childhood Caries, ECC)

Frühkindliche Karies (Early Childhood Caries, ECC) stellt eine der häufigsten Erkrankungen bei Kindern unter 6 Jahren dar (Ehlers et al., 2022). Trotz Bemühungen zur Prävention der ECC sind weltweit etwa 621 Millionen Kinder davon betroffen (Kassebaum et al., 2015, Ehlers et al., 2022). Laut der American Academy of Pediatric Dentistry (AAPD) versteht man unter frühkindlicher Karies das Vorhandensein mindestens einer kariösen (mit oder ohne Kavitation), wegen Karies fehlenden oder gefüllten Milchzahnfläche bei Kindern unter 6 Jahren (Colak et al., 2013, Anil und Anand, 2017, AAPD, 2021). Weiterhin wird bei Kindern unter 3 Jahren jegliches Vorliegen von Glattflächenkaries als schwere frühkindliche Karies (Severe Early Childhood Caries, S-ECC) definiert (Colak et al., 2013, AAPD, 2021). Da die frühkindliche Milchzahnkaries häufig mit einem Flaschen-Abusus im Kleinkindalter assoziiert ist, war sie bis zur Begriffseinführung der ECC im Jahr 1997 auch unter den Termini „Nuckelflaschenkaries“ oder „Nursing-Bottle-Syndrom“ bekannt (Wendt und Birkhed, 1995, Tinanoff, 1997, Tinanoff und O'Sullivan, 1997).

Wyne teilte die ECC in drei Stadien ein (Wyne, 1999):

Typ I (milde bis moderate ECC):

- isolierte Karies an Molaren und/ oder Inzisiven
- ursächlich ist eine kariogene Ernährung bei gleichzeitig fehlender Mundhygiene
- präsent bei Kindern zwischen 2 bis 5 Jahren

Typ II (moderate bis schwere ECC):

- kariöser Befall der Oberkieferinzisiven von oral sowie eventueller Befall der Molaren, aber Kariesfreiheit der Unterkieferinzisiven
- ursächlich ist ein unangemessener Gebrauch von Nuckelflaschen und/ oder exzessives Stillen mit oder ohne unzureichender Mundhygiene
- Beginn ab erstem Zahndurchbruch möglich

Typ III (schwere ECC):

- kariöse Läsionen an nahezu allen Milchzähnen, auch Unterkieferinzisiven betroffen
- ursächlich ist eine kariogene Ernährung in Kombination mit mangelhafter Mundhygiene
- präsent bei Kindern zwischen 3 bis 5 Jahren

Somit stellen eine kariogene Ernährung gepaart mit einer unzureichenden Mundhygiene die Hauptrisikofaktoren für ECC dar (Grindejord et al., 1995, Tinanoff, 2005, Kraljevic et al., 2017, Meyer und Enax, 2018, Seow, 2018). Weiterhin gilt der Gehalt an Mutans-Streptokokken in Speichel und Biofilm als starker Indikator für das Vorkommen und die Schwere einer ECC (Parisotto et al., 2010, Liu et al., 2019). Die Infektion mit Mutans-Streptokokken geschieht zumeist durch Transmission von der Mutter auf ihr Kind (Köhler und Bratthall, 1978, Mitchell et al., 2009, Carletto-Körber et al., 2010, Teanpaisan et al., 2012). Diese erfolgt im sogenannten „Fenster der Infektiosität“ in den frühen Lebensmonaten und -jahren (Caufield et al., 1993). Eine Studie zeigte, dass Kinder, bei denen der Erwerb von *S. mutans* nicht in dem „Fenster der Infektiosität“ (19.-31. Lebensmonat), sondern bereits früher stattfand, eine höhere Wahrscheinlichkeit hatten an S-ECC zu erkranken (Lynch et al., 2015).

Unbehandelte ECC kann bei Kindern zu akuten Zahnschmerzen, dentogenen Infektionen, Fistel- und Abszessbildung sowie frühzeitigem Milchzahnverlust führen (Colak et al., 2013, Anil und Anand, 2017, Mathur und Dhillon, 2018, Pierce et al., 2019, Hernandez et al., 2021, Zheng et al., 2021, Spodzieja und Olczak-Kowalczyk, 2022). Hinzu kommen Einschränkungen der Lebensqualität des Kindes mit Appetitlosigkeit, Schlafstörungen und Einschränkungen der Kaufunktion (Colak et al., 2013, Mathur und Dhillon, 2018, Hernandez et al., 2021). Zu den Langzeitfolgen der ECC gehören Störungen in der Gebissentwicklung und Keimschädigung bleibender Zähne (Ilgic et al., 2018, Zou et al., 2018, Kazeminia et al., 2020, Zheng et al., 2021). Ein frühzeitiger Milchzahnverlust geht mit Sprachproblemen, Zungendysfunktionen, einem Platzverlust in der Stützzone sowie einer Malokklusion im bleibenden Gebiss einher (Zou et al., 2018, Pierce et al., 2019, Spodzieja und Olczak-Kowalczyk, 2022). Defekte der bleibenden Dentition manifestieren sich als Schmelzhypoplasien, insbesondere der Prämolaren, die nach ihrem Entdecker als Turnerzähne bezeichnet werden (Turner, 1906). Weiterhin korreliert das Auftreten von ECC mit einer späteren Karies der bleibenden Dentition (Jordan et al., 2016, Songur et al., 2019). Aufgrund des meist umfangreichen Sanierungsbedarfs und der geringen Compliance im Kleinkindalter müssen diese Kinder trotz des Narkoserisikos häufig unter Intubationsnarkose (ITN) behandelt werden (Jordan et al., 2016, Oubenyahya und Bouhabba, 2019, Ehlers et al., 2022).

Wegen der Folgen, die für das Kind durch die ECC entstehen, sollte besonders die vulnerable Gruppe der Kleinkinder bei der Kariesprävention im Vordergrund stehen. Leider werden Kleinkinder im Rahmen der Gruppenprophylaxe in Kindergärten nicht berücksichtigt, da diese erst für Kinder ab 3 Jahren vorgesehen ist. Allerdings wurden im Jahr 2019 dem Leistungskatalog der gesetzlichen Krankenversicherung die neuen BEMA-Positionen der frühzahnärztlichen Untersuchungen (FU) für Kinder von 6 bis 33 Monaten hinzugefügt (KZBV/BZÄK, 2021). Diese beinhalten die Untersuchung des Kindes inklusive Zahnputzanleitung sowie Aufklärung der Eltern (KZBV/BZÄK, 2021). Studien zeigen, dass Kinder, deren Eltern ein niedriges Bildungsniveau oder einen Migrationshintergrund haben, ein höheres Risiko besitzen an ECC zu erkranken (Grindejford et al., 1995, Kim Seow, 2012). Daher kommt der Beratung der Eltern zur Prävention der ECC eine zentrale Rolle zu. Vermittelt werden sollte in diesem Rahmen, dass die Etablierung des korrekten Ernährungs- und

Mundhygieneverhaltens so früh wie möglich und das Vermeiden schlechter Gewohnheiten von Anfang an einen nicht zu unterschätzenden Effekt auf die Mundgesundheit haben (Axelsson, 2006). Falls vom Behandler als nötig erachtet, kann im Einverständnis der Eltern zudem die Fluoridierung der Zähne, abgedeckt durch die neue Position FLA, erfolgen (KZBV/BZÄK, 2021).

2.2 Kariesbehandlung bei Kindern

Wenn Maßnahmen zur Prävention der Karies bei Kindern fehlschlagen, bedarf es einer zahnärztlichen Therapie kariöser Milchzähne. Dem Zahnarzt steht hierbei ein breites Spektrum an Behandlungsmöglichkeiten zur Verfügung (Amend et al., 2022). Die Therapie richtet sich neben dem Grad der Demineralisation des kariösen Defektes auch nach dem Alter und der Compliance des Kindes (Chisini et al., 2018). Dabei sollte der Behandler sich nicht die ideale Restauration als Ziel setzen, sondern eine Maßnahme, die möglichst bis zur physiologischen Exfoliation nicht erneuert werden muss (Bücher et al., 2017). Kariöse Schmelz- und Dentinläsionen mit und ohne Kavitation können durch bestimmte Agenzien arretiert werden. Neben Fluorid zählt zu diesen Agenzien, die Karies arretieren können, Silberdiaminfluorid (SDF) (Gao et al., 2016, Schmoeckel et al., 2020). Eine Meta-Analyse sowie eine randomisierte klinische Studie fanden für SDF eine effektivere Kariesinaktivierung von Dentinkaries an Milchzähnen als Fluorid (Trieu et al., 2019, Mabangkhu et al., 2020). Die Anwendung von SDF ermöglicht bei Kindern eine schmerzfreie und kurze Behandlung, die jedoch gleichzeitig erfolgreich die Kariesprogression hemmt (Kyoon-Achan et al., 2021, Surendranath et al., 2022, Yan et al., 2022). Sie eignet sich vor allem bei kleinen Kindern mit ECC, bei geringer Compliance und zur Vermeidung invasiverer Therapieoptionen sowie der Umgehung einer Sanierung unter ITN (Schmoeckel et al., 2020, Kyoon-Achan et al., 2021, Yawary und Hegde, 2022). Bei diesen Kindern stellt SDF eine effektive Übergangstherapie und somit eine gute Möglichkeit zur Zeitgewinnung dar (Amend und Krämer, 2022). Nachteil der Behandlung mit SDF ist eine Schwarzfärbung der behandelten Bereiche (Gao et al., 2016, Richards, 2017, Schmoeckel et al., 2020, Surendranath et al., 2022, Yawary und Hegde, 2022). Daher ist eine Anwendung im Frontzahnbereich eher zu vermeiden. Ein Einsatz von SDF in Kombination mit der Hall-Technik ist ebenfalls denkbar. Bei der Hall-Technik werden kariöse Milchzähne ohne vorherige

Lokalanästhesie, Kariesexkavation oder Präparation mit konfektionierten Milchzahnkronen restauriert (Innes et al., 2007, Innes et al., 2011, Innes et al., 2015, Altoukhi und El-Housseiny, 2020). Die dichte Versiegelung des Zahnes soll zu einer Unterbrechung der Substratzufuhr der kariogenen Bakterien innerhalb der Kavität führen, sodass es zur Kariesarretierung kommt (Innes et al., 2017, Roberts et al., 2018, Joseph et al., 2020). Um den Erhalt der Krone zu gewährleisten, ist genügend gesundes koronales Gewebe notwendig (Santamaría und Innes, 2018). Außerdem hat eine strenge Indikationsstellung zu erfolgen. Dabei gilt es vor der Behandlung insbesondere eine irreversible Pulpitis auszuschließen (Innes et al., 2017, Santamaría und Innes, 2018). Hauptnachteil von Hall-Kronen ist die temporär herbeigeführte Bisserrhöhung (Hu et al., 2022).

Besonders bei Zähnen mit ausgedehnten, mehr als zweiflächigen Defekten, nach endodontischer Behandlung oder bei frakturierten Zähnen hat sich der Einsatz von konfektionierten Kronen bewährt (Nash, 1981, Seale, 2002, Krämer et al., 2007, Innes et al., 2015, Szt Tyler et al., 2022). Die am häufigsten in der Kinderzahnheilkunde verwendeten Kronen sind konfektionierte Stahlkronen aus chirurgischem Edelstahl, welche bereits in den 1950er Jahren eingeführt wurden (Humphrey, 1950). Sie halten durch einen Schnappeffekt über dem bukkalen Schmelzwulst von Milchmolaren und bedürfen nur geringer Präparation (Amlani und Brizuela, 2022, Szt Tyler et al., 2022). Wegen des Risikos einer Sekundärkaries am Kronenrand wird eine subgingivale Präparation bevorzugt. Aufgrund des ästhetischen Nachteils durch die silberne Farbe von Stahlkronen rücken heutzutage Kronen aus Keramik oder Kunststoff als zahnfarbene Alternativen in den Fokus (Agrawal et al., 2022, Alrashdi et al., 2022, Möhn et al., 2022). Sie benötigen jedoch eine ausgedehntere Präparation, die mit einem vermehrten Verlust von Zahnhartsubstanz einhergeht (Clark et al., 2016, Lee et al., 2019, Sparks et al., 2022). Außerdem erfolgt der Halt dieser Kronen im Gegensatz zu konfektionierten Stahlkronen nicht über mechanische Retention, sondern über einen passiven Haftverbund (Lee, 2018, Kang et al., 2020, Möhn et al., 2022). Im Falle einer massiven Zerstörung des Zahnes oder bei älteren Kindern, bei denen der betroffene Zahn kurz vor der physiologischen Exfoliation steht, stellt in der Regel die Extraktion die Therapie der Wahl dar.

Endodontische Maßnahmen können wie im bleibenden Gebiss ebenso im Milchgebiss durchgeführt werden. Eine direkte oder indirekte Überkappung kann an Milchzähnen mittels Calciumhydroxid-Präparaten oder MTA (Mineral Trioxid Aggregat) vorgenommen werden (Tuna und Olmez, 2008, Gurcan und Seymen, 2019, Koc Vural et al., 2022). In einer Studie schnitten MTA und Calciumhydroxid-Präparate in der ersten Dentition klinisch gleich gut ab (Tuna und Olmez, 2008). Die häufigste endodontische Maßnahme bei Milchzähnen stellt die Pulpotomie dar (Sabbarini et al., 2008, Ansari et al., 2018). Die Pulpektomie ist zur Behandlung von Milchzähnen mit irreversibler Pulpitis oder einer Pulpanekrose indiziert (Tirupathi et al., 2019, Aminabadi et al., 2020), während das Vorliegen apikaler oder interradikulärer Ostitiden die Kontraindikationen darstellen (Kühnisch et al., 2011, Boutsiouki et al., 2021). Bei der Indikationsstellung zur Pulpektomie sollte das Risiko berücksichtigt werden, dass es bei Überinstrumentierung oder Überfüllung zu einer Nachfolgerschädigung der bleibenden Zähne kommen kann (Coll und Sadrian, 1996).

2.3 Füllungstherapie im Milchgebiss

Eine häufige Art der Kariesbehandlung im Milchzahngewebiss ist heutzutage die Behandlung mit plastischen Füllungen (Weldon et al., 2016). Ziel der Füllungstherapie ist der Ersatz der fehlenden Zahnhartsubstanz zur Wiederherstellung der Zahnfunktion und der Schutz der Pulpa durch Versiegelung der Kavität (Schwendicke et al., 2016, Weldon et al., 2016). Kleine bis mittelgroße Defekte können zumeist mit plastischen Füllungen versorgt werden. Der Behandler kann sich für die primäre Dentition eines breiten Angebots an Füllungsmaterialien bedienen (Qvist et al., 2010). Zahlreiche zahn- und patientenbezogene Faktoren sind für die Materialauswahl entscheidend. Dabei spielen die Lage und Ausdehnung des kariösen Defektes, Compliance und Alter des Kindes sowie ästhetische und finanzielle Aspekte eine Rolle (Andersson-Wenckert und Sunnegårdh-Grönberg, 2006, Weldon et al., 2016, Ehlers et al., 2019). Der klinische Erfolg der Füllungstherapie ist unter anderem von den Eigenschaften des Füllungsmaterials und dessen spaltfreier Integrität in der Kavität abhängig (Orłowski et al., 2015, Ostapiuk et al., 2021). Besonders im Milchgebiss sollte dabei jede Restauration mit dem Ziel einer langfristigen Versorgung des Zahnes möglichst bis zur

physiologischen Exfoliation gelegt werden (Qvist et al., 2010, Agarwal et al., 2018). Die Füllungsmaterialien, die für die Behandlung von Milchzähnen zur Auswahl stehen, sind aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften für dieses Ziel unterschiedlich gut geeignet. Lange Zeit wurde in der Kinderzahnheilkunde passend zum Behandlungsziel Amalgam als Füllungsmaterial eingesetzt (Fuks, 2002). Jedoch gab es in den letzten Jahrzehnten kontroverse Debatten über die mögliche Toxizität des darin enthaltenen Quecksilbers (Bellinger et al., 2006, DeRouen et al., 2006, Woods et al., 2007, Qvist et al., 2010). Daher ist seit dem 01. Juli 2018 der Einsatz von Amalgam als Füllungswerkstoff in Deutschland bei Kindern unter 15 Jahren, Schwangeren und Stillenden nur noch in Ausnahmefällen erlaubt (Bundeszahnärztekammer, Juni 2018).

In den letzten Jahren äußern besonders die Eltern zunehmend den Wunsch nach ästhetischen zahnfarbenen Füllungen (Krämer et al., 2007, Pani et al., 2016). Die silbergräuliche Farbe des Amalgams ist daher ein weiterer Grund für dessen weitgehende Verdrängung in Deutschland (Krämer et al., 2007, Frankenberger et al., 2021). Nicht zuletzt bedarf es Unterschnitte bei der Präparation einer Kavität zur Aufnahme einer Amalgamfüllung, die einen zusätzlichen Verlust von gesunder Zahnhartsubstanz bedeuten (Frankenberger et al., 2021). Mit der EU-Quecksilberverordnung aus dem Jahr 2018 wurden Versorgungen mit Komposit als Alternative zu Amalgam im Seitenzahnbereich von Kindern über die gesetzliche Krankenversicherung abrechnungsfähig (Bundeszahnärztekammer, Juni 2018). So werden in der modernen Kinderzahnheilkunde heutzutage Komposite, Kompomere und GIZ als Füllungsmaterialien verwendet (Qvist et al., 2010, Ehlers et al., 2019).

2.3.1 Glasionomerzemente

Glasionomerzement (GIZ) wurde im Jahr 1972 von Wilson und Kent als neuartiges Füllungsmaterial in der Zahnheilkunde vorgestellt (Wilson und Kent, 1972). GIZ bestehen aus einer Kombination aus Polyacrylsäure und einem Pulverglas, zumeist Fluoroaluminiumsilikatglas (Wilson und Kent, 1972, Sidhu, 2011, Nicholson, 2016, Sidhu und Nicholson, 2016, Weldon et al., 2016). Das Vermischen der beiden Stoffe löst die Abbindereaktion, chemisch gesehen eine Säure-Base-Reaktion, aus (Wilson und Kent, 1972, Sidhu, 2011, Nicholson, 2016). Weltweit werden GIZ seit vielen Jahren für Restaurationen der ersten und zweiten Dentition eingesetzt. Zahlreiche

Vorteile machen das Material für die Kinderzahnheilkunde interessant (Dias et al., 2018, Shah, 2018). Dazu zählen seine einfache Handhabung sowie rasche Verarbeitung und Applikation (Krämer et al., 2007, Gorseta und Glavina, 2017). GIZ weisen eine gute Biokompatibilität auf und besitzen einen Wärmeausdehnungskoeffizienten, der dem der Zahnhartsubstanzen ähnelt, (Hübel und Mejàre, 2003, van Duinen et al., 2016, Shah, 2018, Bahsi et al., 2019, Nishanthine et al., 2022). Entscheidender Vorteil ist aber auch die Abgabe von Fluoridionen durch das Material und die dadurch bedingte kariostatische Wirkung (Hübel und Mejàre, 2003, Sidhu, 2011, Almuhaiza, 2016, van Duinen et al., 2016, Shah, 2018, Bahsi et al., 2019, Nishanthine et al., 2022). Allerdings zeigen Studien, dass die Freisetzung des Fluorids von GIZ unmittelbar nach Füllungslegung am höchsten ist und forthin stetig abnimmt (Forsten, 1998, Sidhu, 2011, Bansal und Bansal, 2015, Nishanthine et al., 2022).

Vorteil der GIZ gegenüber den in Adhäsivtechnik verarbeiteten Kunststoffen ist die direkte chemische Haftung an Schmelz und Dentin ohne vorbereitende Schritte (Jayanthi und Vinod, 2013, Almuhaiza, 2016, van Duinen et al., 2016, Dias et al., 2018, Shah, 2018, Bahsi et al., 2019). Dabei bindet die Carboxygruppe der Polyacrylsäure über Wasserstoffbrücken- und Ionenbindung an den Hydroxylapatit (Yoshida et al., 2000, Nicholson, 2016). Eine weitere vorteilhafte Eigenschaft der GIZ im Vergleich zu Kunststoffen, insbesondere für die Kinderzahnheilkunde, ist die bessere Toleranz gegenüber Feuchtigkeit (Gorseta und Glavina, 2017, Dias et al., 2018, Shah, 2018, Dermata et al., 2021). Weiterhin ist bei GIZ anders als bei Kunststoffen, die Schrumpfung nach Füllungslegung vernachlässigbar gering (van Duinen et al., 2016, Nishanthine et al., 2022). Eine solche Schrumpfung kann zur Randspaltbildung an Füllungen führen, wodurch die Entstehung einer Sekundärkaries begünstigt wird (Nassar und González-Cabezas, 2011, Askar et al., 2020). Eine Meta-Analyse konnte bei Klasse-II-Füllungen an Milchzähnen mit GIZ als Füllungsmaterial einen statistisch signifikant niedrigeren Anteil an Sekundärkaries als an den Milchzähnen mit Komposit-Füllungen feststellen (Dias et al., 2018). Hauptnachteile der GIZ gegenüber Kunststoffen sind hingegen die reduzierte Biegefestigkeit sowie die geringere Abrasionsresistenz (Forss et al., 1991, Cho und Cheng, 1999, Wiegand et al., 2007, Lohbauer, 2010, Klinke et al., 2016, Faridi et al., 2018, Bezerra et al., 2020). Als häufigste Gründe für das Versagen von GIZ-

Füllungen in der ersten und zweiten Dentition sind Füllungsfrakturen und Retentionsverlust zu nennen (Qvist et al., 1997, Qvist et al., 2004a, Qvist et al., 2004b, Burke et al., 2007, Ruengrungsom et al., 2018).

Mittlerweile werden GIZ in der Kinderzahnheilkunde häufig bei Kindern mit geringer Compliance als provisorisches Füllungsmaterial in Kombination mit der ART-Technik (Atraumatic Restorative Treatment) eingesetzt (Frencken et al., 1996, Krämer et al., 2007, Krämer und Frankenberger, 2007, Frencken, 2017, Dias et al., 2018, Shah, 2018). Bei dieser Technik, die vor allem für die Anwendung in Entwicklungsländern entwickelt wurde, erfolgt die Kariesentfernung ohne Betäubung mit Handinstrumenten (Frencken, 2009, Sidhu, 2011). GIZ werden im Milchgebiss für Klasse-I- und Klasse-II-Füllungen empfohlen (Shah, 2018, Akman und Tosun, 2020). Allerdings wiesen in Studien die GIZ-Füllungen an Milchzähnen in Klasse-II-Kavitäten kürzere Überlebensraten als in Klasse-I-Kavitäten auf (Qvist et al., 1997, Krämer et al., 2007, Uzel et al., 2022). Die Überlebensdauer von Klasse-II-Füllungen mit GIZ an Milchzähnen betrug in einer Studie im Durchschnitt 1,3 bis 2 Jahre (Qvist et al., 2010). Daher lehnen einige Autoren den Einsatz von GIZ im Milchgebiss für Kavitäten der Klasse II ab (Qvist et al., 1997, Chadwick und Evans, 2007). Aufgrund der Nachteile der konventionellen GIZ kam es in den letzten Jahrzehnten zur Entwicklung neuer Arten von GIZ mit überlegenen Eigenschaften. Im Zuge der Einführung der ART-Technik erfolgte in den 1990er Jahren die Weiterentwicklung der GIZ zu hochviskösen GIZ (HGIZ), die stopfbar sind und somit eine erleichterte Verarbeitung für den Behandler ermöglichen (Burke et al., 2002, Konde et al., 2012). Weiterhin wurden Kunststoff-modifizierte GIZ (KGIZ) entwickelt, um die Nachteile konventioneller GIZ zu überwinden (Burke et al., 2002, Berzins et al., 2010). KGIZ haben verbesserte mechanische Eigenschaften, eine kürzere Abbindezeit sowie eine gesteigerte Feuchtigkeitstoleranz (Burke et al., 2002, Hübel und Mejäre, 2003, Dermata et al., 2018, Dermata et al., 2021). Maßgeblich für diese Vorteile sind die beigetzten Kunststoffmonomere, die eine Härtung des Materials durch Lichtpolymerisation und eine gerichtete schnelle Verarbeitung ermöglichen (Burke et al., 2002, Chadwick und Evans, 2007). Sie werden als Befestigungsmaterial, für Stumpfaufbauten und auch als Füllungsmaterial besonders in der Kinderzahnheilkunde verwendet (Nicholson und Czarnecka, 2008, Dermata et al., 2021, Duruk et al., 2022).

Die Angaben zum Versagen von GIZ-Füllungen schwanken in der Literatur. In einem systematischen Review aus dem Jahr 2007 mit 20 eingeschlossenen Studien mit einem Untersuchungszeitraum von mindestens 24 Monaten fanden die Autoren für konventionelle GIZ-Füllungen an Milchmolaren Versagensraten zwischen 6,6 % und 60 % (Chadwick und Evans, 2007). Chisini et al. (2018) ermittelten in einem weiteren systematischen Review mit 31 inkludierten Studien, die im Zeitraum zwischen den Jahren 1996 bis 2016 publiziert wurden, im Milchgebiss für KGIZ eine Gesamterfolgsrate von 93,6 %. Verglichen dazu konnten die Autoren eines aktuellen systematischen Reviews aus dem Jahr 2022 mit 29 eingeschlossenen Studien mit einem Untersuchungszeitraum von mindestens 12 Monaten bei GIZ jährliche Versagensraten variierend zwischen 7,6 % bis 16,6 % erfassen (Amend et al., 2022). Für KGIZ stellten sie ähnliche jährliche Versagensraten zwischen 1,9 % und 16,9 % fest (Amend et al., 2022). Sie schlossen daraus, dass innerhalb der GIZ ausschließlich KGIZ für die Therapie von Klasse-I- oder Klasse-II-Restaurationen an Milchmolaren eine Behandlungsalternative darstellen (Amend et al., 2022).

2.3.2 Komposite und Flow-Komposite

Als Komposite werden plastische Füllungsmaterialien bezeichnet, die direkt in die Kavität appliziert werden und sich durch ihre zahnfarbene Ästhetik auszeichnen (Zimmerli et al., 2010). Komposite der ersten Generation wurden bereits in den 1960er Jahren auf den zahnärztlichen Markt eingeführt. Im Jahr 1963 synthetisierte Bowen das Material Bisphenol-A-Glycidylmethacrylat (Bis-GMA), welches bis heute noch als organische Matrix der meisten Komposite verwendet wird (Bowen, 1963, González-López et al., 2020). Dies markierte den Grundstein für die Entwicklung der heute verwendeten Komposite. Der ursprüngliche Einsatz von Kompositen beschränkte sich wegen der zahnfarbenen Ästhetik vor allem auf Frontzahnfüllungen (Peutzfeldt, 1997). Seither erfolgte eine stetige Verbesserung der Materialeigenschaften der Komposite, um sie für ein breiteres Anwendungsspektrum verfügbar zu machen. Sie werden heutzutage erfolgreich für Front- und Seitenzahnrestorationen der bleibenden Dentition und im Milchgebiss eingesetzt (Buerkle et al., 2005, Baldissera et al., 2013, Bücher et al., 2014). Mittlerweile umfasst das Indikationsgebiet der modernen Komposite in beiden Dentitionen Füllungen aller Kavitätenklassen nach Black (Donly und García-Godoy, 2002).

Allerdings gibt es im Milchgebiss anatomische Unterschiede zu bleibenden Zähnen, die zu einer schlechteren Haltbarkeit von Kompositen an Milchzähnen führen. Milchzähne weisen einen dünneren Schmelzmantel als bleibende Zähne auf (Shin et al., 2023). Darüber hinaus besitzt der Zahnschmelz von Milchzähnen einen geringeren Mineralstoffgehalt verglichen mit bleibenden Zähnen, wodurch deren Abrasionsresistenz herabgesetzt ist (Wilson und Beynon, 1989, Shin et al., 2023). Bedeutend für die Füllungstherapie ist auch die zwischen 30-100 µm dicke prismenlose Schmelzoberfläche von Milchzähnen (Ripa et al., 1966, Krämer et al., 2007). Da diese aprismatische Schmelzschicht bei der Füllungstherapie die Adhäsion am Zahnschmelz negativ beeinflussen kann, wird bei der Kavitätenpräparation von Milchzähnen eine Anchrägung des Schmelzes empfohlen (Krämer et al., 2007). In einer in-vivo-Studie wurden Komposit-Füllungen an Milchmolaren mit und ohne vorherige Anchrägung der Kavität nach einer klinischen Trageperiode von 18 Monaten evaluiert (Oliveira et al., 2008). Dabei wiesen die Restaurationen ohne vorangegangene Anchrägung eine höhere Versagensrate auf als diejenigen mit Anchrägung der Kavität vor Füllungsinsertion (Oliveira et al., 2008).

Komposite bestehen im Wesentlichen aus drei Bestandteilen: einer organischen Matrix, anorganischen Füllstoffen und der Verbundphase (Zimmerli et al., 2010). Der organische Anteil, genauer die Harzmatrix, wird zumeist aus dem hochviskösen Monomer Bis-GMA gebildet (Floyd und Dickens, 2006, Jeon et al., 2007, Zimmerli et al., 2010, Yadav und Kumar, 2019). Alternativ ist die Verwendung des etwas niedriger viskösen Urethandimethacrylat (UDMA) üblich (Floyd und Dickens, 2006, Yadav und Kumar, 2019). Um diese beiden langkettigen Monomere für die praktische Verarbeitung zugänglich zu machen, erfolgt die Zugabe des kurzkettigen, niedrigviskösen Triethylenglycoldimethacrylat (TEGDMA) als Verdünner (Feilzer und Dauvillier, 2003, Floyd und Dickens, 2006, Jeon et al., 2007, Zimmerli et al., 2010). Allerdings führt eine erhöhte Beimengung von TEGDMA zu einer erhöhten Polymerisationsschrumpfung beim Aushärtungsprozess der Komposite (Ellakwa et al., 2007, Gonçalves et al., 2008, Pérez-Mondragón et al., 2022). Neben dem Monomeranteil besteht die Matrix aus Initiatoren, Stabilisatoren, Pigmenten und weiteren Additiven (Peutzfeldt, 1997, Yadav und Kumar, 2019, Kowalska et al., 2021). Die Polymerisation der Monomere erfolgt in den meisten Füllungskunststoffen

durch Lichthärtung (Kowalska et al., 2021). Diese wird durch einen Initiator, zumeist dem Photoinitiator Kampferchinon, ausgelöst (Alvim et al., 2007, Pratap et al., 2019). Als anorganische Füllstoffe werden Partikel aus Quarz, Keramik und Siliziumdioxid verwendet (Zimmerli et al., 2010). Der Fülleranteil ist maßgebend für die mechanischen Eigenschaften des Komposits, insbesondere Härte und Abrasionsresistenz (Kowalska et al., 2021). Außerdem bestimmen Anteil und Art der Füllstoffe die Röntgenopazität des Füllungsmaterials, welche wichtig für die radiologische Füllungskontrolle ist. Häufig verwendete radioopake Füllstoffe sind Barium und Strontium (Watts, 1987). Verbundphasemoleküle sorgen für eine stabile Verbindung zwischen organischer Matrix und den Füllstoffen (Kowalska et al., 2021). Dafür sind sie an beiden Enden jeweils mit einer Methacrylatgruppe und einer Silangruppe ausgestattet (Zimmerli et al., 2010). Eine Silanisierung der Füllstoffe führt zu einer Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Komposits (Ikejima et al., 2003, Aydınoğlu und Yoruç, 2017). Sie bewirkt eine Erhöhung der Materialfestigkeit (Ikejima et al., 2003).

Die von Lutz und Philips im Jahr 1983 eingeführte Klassifikation der Komposite erfolgt nach Größe der anorganischen Füllstoffe (Lutz und Phillips, 1983). Sie schlugen eine Einteilung in Makrofüllerkomposite, homogene bzw. inhomogene Mikrofüllerkomposite und Hybridkomposite vor (Lutz und Phillips, 1983). Bei den Makrofüllerkompositen handelt es sich um die ersten Komposite, die in der Zahnmedizin Anwendung fanden. Charakteristisch für sie ist eine Füllkörpergröße von mindestens 10 µm mit Makrofüllkörpern aus Glas, Quarz oder Keramik (Lutz und Phillips, 1983, Zimmerli et al., 2010, Pratap et al., 2019). Erhebliche Nachteile der Makrofüllerkomposite sind ihre ungenügende Abrasionsfestigkeit und schlechte Polierbarkeit (Hendriks et al., 1986, Heintze und Rousson, 2012, Kumari et al., 2015, Chour et al., 2016, Pratap et al., 2019). Aufgrund dessen sind sie heutzutage für die Füllungstherapie obsolet (Zimmerli et al., 2010). Um die Schwächen der Makrofüllerkomposite zu überwinden, erfolgte Ende der 1970er Jahre die Einführung der Mikrofüllerkomposite (Ferracane, 2011). Mit einer Füllkörpergröße von durchschnittlich 40 nm bestehen die Füllstoffe der Mikrofüllerkomposite aus amorphem sphärischen Siliziumdioxid (Ferracane, 2011, Pratap et al., 2019). Mikrofüllerkomposite weisen zwar bessere Politureigenschaften und eine bessere Abrasionsfestigkeit als die Makrofüllerkomposite auf, besitzen aber wegen ihres

niedrigen Füllergehalts eine geringere Stabilität (Ferracane, 2011, Pratap et al., 2019). Aufgrund des niedrigen Elastizitätsmoduls sind die Mikrofüllerkomposite vor allem für Klasse-V-Füllungen geeignet (Peumans et al., 2007, Perez Cdos et al., 2012). Für eine bessere Handhabung und einen höheren Füllergehalt der inhomogenen Mikrofüllerkomposite sorgen die organischen Vorpolymerisate (Moszner und Salz, 2001). Die Entwicklung der Hybridkomposite in den 1980er Jahren vereinte die Vorteile von Makrofüller- und Mikrofüllerkompositen. So besitzen sie die Frakturresistenz von Makrofüllerkompositen mit einer akzeptablen Ästhetik (Pereira et al., 2003). Außerdem weisen sie eine bessere Polierbarkeit als Makrofüllerkomposite auf, welche dennoch der von Mikrofüllerkompositen unterlegen ist (Pereira et al., 2003). Sie waren die ersten Universalkomposite, die für Restaurationen aller Kavitätenklassen eingesetzt werden konnten (Zimmerli et al., 2010). Die neueste Entwicklung der Komposite stellen die Nanokomposite dar, die Anfang der 2000er Jahre eingeführt wurden (Ferracane, 2011). Die Füllstoffe der Nanokomposite haben eine Füllkörpergröße von 5-100 nm (Pratap et al., 2019). Sie bestehen aus Siliziumdioxid- und Zirkonoxid-Partikeln, die zu Clustern agglomerieren (Mitra et al., 2003, Chen, 2010). Dazwischen befinden sich freie, nicht agglomerierte Siliziumdioxid-Partikel, sogenannte Nanomere (Mitra et al., 2003, Chen, 2010). Besonderer Vorteil der Nanokomposite ist der hohe Anteil an Füllstoffen mit theoretisch möglichen Werten bis 90-95 Gew.-%, wodurch sich die optischen Eigenschaften des Komposits erheblich verbessern (Chen, 2010). Außerdem führt ein höherer Anteil an Füllstoffen gleichzeitig zu einer Reduktion der organischen Harzmatrix und folglich zur Verringerung der Polymerisationsschrumpfung sowie Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des Materials (Chen, 2010). Nanokomposite bestechen durch hervorragende Politureigenschaften und einer hohen Transluzenz und Abrasionsfestigkeit (Mitra et al., 2003, Pratap et al., 2019). Aufgrund dessen sind sie für Füllungen aller Kavitätenklassen geeignet. Als weitere neuartige Untergruppe sind die Nanohybridkomposite zu nennen, bei denen es sich um Hybridkomposite handelt, die einen Bruchteil an Nanopartikeln (<100 nm) und submikronen Partikeln ($\leq 1 \mu\text{m}$) enthalten (Ferracane, 2011, Randolph et al., 2016).

Neben der Einteilung der Komposite nach ihrem Füllstoffgehalt ist auch eine Differenzierung nach ihrer Konsistenz möglich. Dabei unterscheidet man stopfbare, hoch visköse Komposite von fließfähigen, niedrig viskösen Kompositen. Fließfähige

Komposite besitzen einen geringen Füllstoffgehalt und weisen daher eine reduzierte Stabilität, Abriebfestigkeit und Bruchfestigkeit auf (Baroudi und Rodrigues, 2015). Sie finden im bleibenden Gebiss vor allem für die Therapie kleiner okklusaler Klasse-I-Defekte, als Fissurenversiegelungsmaterial und als Kavitätenliner Anwendung (Baroudi und Rodrigues, 2015). Im Milchgebiss können Flow-Komposite für die Behandlung von Klasse-I- und Klasse-II-Defekten an Milchmolaren erfolgreich verwendet werden (Bücher et al., 2017). In einer klinischen Studie konnten für Klasse-II-Restaurationen an Milchmolaren mit Flow-Komposit nach 2 Jahren Trageperiode vergleichbare Ergebnisse wie mit einem konventionellem Komposit festgestellt werden (Andersson-Wenckert und Sunnegårdh-Grönberg, 2006). Bei den stopfbaren Kompositen handelt es sich um hochfeste Materialien mit einem erhöhten Füllstoffgehalt, die entwickelt wurden, um eine ähnliche Applikation wie Amalgam zu erlauben (Ferracane und Lawson, 2021). Sie werden in Inkrement-Schichttechnik mit einer maximalen Schichtdicke von 2 mm appliziert, um die Polymerisationsschrumpfung zu minimieren und eine vollständige Lichtpolymerisation zu gewährleisten (Chandrasekhar et al., 2017, Hamza et al., 2022). So ist die Verarbeitung zeitaufwendig und arbeitsintensiv. Besonders in der Kinderzahnheilkunde kann dies zu Problemen bei der Füllungstherapie führen, da Geduld und Kooperationsbereitschaft von Kindern limitiert sind (Niem et al., 2022). Daher stellt die Entwicklung der Bulk-Fill-Komposite für die Kinderzahnheilkunde einen enormen Vorteil dar, da diese Materialien eine vereinfachte Handhabung mit einer deutlichen Verkürzung der Bearbeitungszeit vereinen (Ehlers et al., 2019, Sarapultseva und Sarapultsev, 2019, Hamza et al., 2022). Bulk-Fill-Komposite können mit einer Schichtstärke bis zu 4 mm in einem einzigen Arbeitsschritt appliziert werden (Flury et al., 2012, Czasch und Ilie, 2013, Leprince et al., 2014). Analog zu den konventionellen Kompositen unterscheidet man bei Bulk-Fill-Kompositen ebenfalls hoch und niedrig visköse Materialien (Fugolin und Pfeifer, 2017, França et al., 2021). In einer in-vitro-Studie konnte für Milchmolaren, die nach Pulpotomie mit einem Bulk-Fill-Komposit restauriert worden waren, eine bessere Frakturresistenz festgestellt werden als solche, die mit einem konventionellen Komposit in Inkrement-Schichttechnik gefüllt worden waren (Ghajari et al., 2020). Eine weitere Studie zeigte bei Füllungen an Milchmolaren mit einem Bulk-Fill- versus einem Mikrohybrid-Komposit nach einer klinischen Trageperiode von 24 Monaten einen vergleichbaren Erfolg (Giannetti et al., 2018). Hamza et al. (2022) verglichen die marginale Integrität

von Füllungen an Milchmolaren und bleibenden Molaren mit klassischen Kompositen versus fließfähigen und modellierbaren Bulk-Fill-Kompositen. In beiden Dentitionen konnten für die klassischen Komposite und für modellierbare Bulk-Fill-Komposite ähnliche Ergebnisse beobachtet werden; fließfähige Bulk-Fill-Komposite hingegen schnitten in der Studie am schlechtesten ab (Hamza et al., 2022).

Zusammenfassend sind Komposite wegen ihrer zahnfarbenen Ästhetik und ihrer einfachen Handhabung mittlerweile beliebte Füllungsmaterialien in der Kinderzahnheilkunde (Bücher et al., 2017). Immer mehr Studien untersuchen daher deren klinische Haltbarkeit im Milchgebiss. In einer Übersichtarbeit zeigten Komposite im Milchgebiss die niedrigste jährliche Versagensrate mit 1,7 %-12,9 % (Chisini et al., 2018). Im Gegensatz dazu fanden Amend et al. (2022) in einem systematischen Review die niedrigste jährliche Versagensrate mit 0 %-14,7 % für Kompomere. Sie stellten für Kompomere, Hybridkomposite und Bulk-Fill-Komposite ähnliche jährliche Versagensraten fest (Amend et al., 2022). Nachteil der Komposite im Vergleich zu Kompomeren und GIZ ist ihre Techniksensibilität, die durch die Feuchtigkeitsintoleranz und ihrer Abhängigkeit von den Fähigkeiten des Behandlers hervorgerufen wird (Amend et al., 2022). Die fehlende Fluoridfreisetzung ist ein weiterer negativer Punkt der Komposite verglichen mit den beiden anderen genannten Füllungsmaterialien.

2.3.3 Kompomere

Kompomere sind relativ neue Füllungswerkstoffe und wurden erst im Jahr 1993 in die Zahnmedizin eingeführt (Manhart und Hickel, 1999). Der Begriff Kompomer stellt eine Wortkomposition aus den Worten **Komposit** und **Glasionomerzement** dar (Zimmerli et al., 2010, Francois et al., 2020). Es handelt sich bei dem Werkstoff um ein polyalkensäuremodifiziertes Komposit (McLean et al., 1994, Krämer und Frankenberger, 2007, Zimmerli et al., 2010). Das Material enthält Komponenten der beiden Werkstoffe GIZ und Komposit und wurde hergestellt, um die Vorteile beider Materialien zu vereinen (Shaw et al., 1998, Ruse, 1999, Burke et al., 2006, Zimmerli et al., 2010). Kompomere weisen als Eigenschaft der GIZ die Fähigkeit zur Fluoridfreisetzung auf (Vermeersch et al., 2001, Nicholson, 2007, Wiegand et al., 2007). Dieser Aspekt ist besonders in der Kinderzahnheilkunde vorteilhaft. In-vitro-Studien zeigen jedoch, dass Kompomere eine geringere Fluoridmenge als GIZ

freisetzen (Vermeersch et al., 2001, Asmussen und Peutzfeldt, 2002, Mousavinasab und Meyers, 2009, Tiwari et al., 2016). Kompomere stellen wie Komposite lichthärtende Einkomponenten-Füllungsmaterialien dar (Burke et al., 2002). Sie haben auch ähnliche mechanische Eigenschaften wie Komposite (Nicholson, 2007). Allerdings konnten Studien eine geringere Frakturresistenz der Kompomere verglichen mit Kompositen feststellen (Yap et al., 2004, Singhal und Pathak, 2012). Als Merkmal der Komposite besitzen Kompomere ebenfalls die zahnfarbene Ästhetik (Burke et al., 2006, Nicholson, 2007, Wiegand et al., 2007, Ilie und Hickel, 2009, Zimmerli et al., 2010). Kompomere bestehen aus der gleichen organischen Matrix aus polymerisierbaren Monomeren wie Bis-GMA, wie Komposite (Nicholson, 2008, Zimmerli et al., 2010). Im Gegensatz zu den Karbonsäuren in GIZ enthält die Matrix der Kompomere Dikarbonsäuren, die polymerisierbare Doppelbindungen besitzen (Nicholson, 2008, Zimmerli et al., 2010). Diese ermöglichen die Polymerisation der sauren Monomere, welche die vorwiegende Abbindereaktion der Kompomere darstellt (Zimmerli et al., 2010). Weitere chemische Komponenten des Materials sind anorganische Füllkörper aus Quarz- oder Silikatgläsern, welche wie die der GIZ fluoridhaltig sind (Nicholson, 2008, Zimmerli et al., 2010). Das Besondere an Kompomeren ist, dass sie im Gegensatz zu Komposit und GIZ per se kein Wasser enthalten (Nicholson, 2007, Nicholson, 2008). Durch Wasseraufnahme in die oberflächlichen Schichten des Materials startet jedoch der zweite Abbindemechanismus, die Säure-Base-Reaktion (Zimmerli et al., 2010).

Als Indikationen für Kompomere ergeben sich im bleibenden Gebiss aufgrund ihrer Biegefestigkeit vor allem Klasse-V-Restaurationen (Burke et al., 2002, Nicholson, 2008, Bansal und Mahajan, 2017). Kompomere sind wegen ihrer geringen Abrasionsresistenz für Restaurationen im Milchgebiss besonders gut geeignet (Krämer und Frankenberger, 2007, Zimmerli et al., 2010). Allerdings bedarf es eines Mindestmaßes an Compliance des Kindes, zumindest während dem Bonding und der Schichtung des Materials (Krämer et al., 2007, Krämer und Frankenberger, 2007). Der Einsatz im Milchgebiss ist sowohl an anterioren als auch an posterioren Zähnen erfolgsversprechend (Krämer et al., 2007, Krämer und Frankenberger, 2007). Eine retrospektive Studie konnte für Komposite und Kompomere eine 5-Jahresüberlebensrate von über 43 % mit einer jährlichen Versagensrate von unter 11,5 % bei der Therapie von Milchmolaren feststellen (Pummer et al., 2020). Ehlers

et al. (2019) fanden für Kompomer verglichen mit Bulk-Fill-Komposit nach einem Jahr, die funktionalen und biologischen Parameter, wie postoperative Sensitivitäten, Zahnvitalität und Rückkehr der Karies betreffend, ähnlich gute Ergebnisse. Jedoch schnitt das Kompomer in ästhetischen Belangen besser ab (Ehlers et al., 2019). Gok Baba et al. (2021) verglichen in einer Studie den klinischen Erfolg eines Kompomers mit zwei verschiedenen HGIZ als Füllungsmaterial für Klasse-II-Kavitäten an Milchmolaren. Sie stellten fest, dass Kompomer im Vergleich zu den HGIZ nach einem Beobachtungszeitraum von einem Jahr statistisch signifikant bessere Ergebnisse in Bezug auf Retention, Farbpassung und Oberflächentextur der Füllungen aufwies (Gok Baba et al., 2021). Schließlich kam ein systematischer Review, das den klinischen Erfolg unterschiedlicher Restaurationsmaterialien im Milchgebiss untersuchte, zu dem Schluss, dass Kompomer (0 %-14,7 %) verglichen mit Hybridkompositen (0 %-19,5 %) und Bulk-Fill-Kompositen (0 %-16,9 %) in den analysierten Studien die niedrigste jährliche Versagensrate besaß (Amend et al., 2022). Als Gründe für das Versagen von Kompomer-Restorationen fanden die Autoren vor allem Sekundärkaries (0 %-15 %) und Retentionsverlust (1,7 %-3,6 %) (Amend et al., 2022).

3 Material und Methoden

3.1 Studientyp

Es handelt sich bei der vorliegenden Analyse um eine retrospektive Kohortenstudie mit Auswertung von Patientendaten in anonymisierter Form. Ziel der Untersuchung war es, Informationen über die Haltbarkeit der unterschiedlichen Füllungsmaterialien Komposit, Flow-Komposit, Kompomer und GIZ an Milchmolaren zu erhalten. Die erhobenen Daten stammen von Kindern, die im Zeitraum vom 01.01.2008 bis 30.09.2020 in einer Mainzer Zahnarztpraxis mit zwei Behandlern, in Form einer Praxisgemeinschaft oder in der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz behandelt wurden.

3.2 Ethikkommission

Die retrospektive Datenauswertung im Rahmen der Studie wurde bei der Ethik-Kommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz beantragt und am 22.09.2020 zustimmend bewertet.

3.3 Auswahl der Patientendaten

Das Patientenkollektiv besteht aus Kindern, die zum Zeitpunkt der Füllungstherapie im Untersuchungszeitraum 01.01.2008 bis 30.09.2020 zwischen 24 Monate und 10 Jahre alt waren. Insgesamt wurden die Daten von 139 Kindern beurteilt, davon waren 66 Mädchen und 73 Jungen. Es wurde eine Gesamtzahl von 392 Füllungen innerhalb des Patientenkollektivs untersucht.

Einschlusskriterien waren die zahnärztliche Therapie mit ein- oder mehrflächigen Füllungen an den ersten oder zweiten Milchmolaren mit den Füllungsmaterialien GIZ, Komposit, Flow-Komposit oder Kompomer und das Erscheinen zur Kontrolle und eventuell weiteren Therapie im Anschluss an die zahnärztliche Sanierung in demselben Zentrum für mindestens ein Jahr nach der initialen Therapie.

Als Ausschlusskriterien galten das Vorliegen körperlicher oder geistiger Behinderungen und eine unzureichende Dokumentation.

Von den 181 in Frage kommenden Kindern wurden insgesamt 42 Patienten ausgeschlossen. Davon waren 24 Jungen und 18 Mädchen. Bei acht Kindern kam es zum Ausschluss aufgrund einer Behinderung, in acht Fällen waren die Akteneinträge nicht mehr verfügbar, in 17 weiteren Fällen war das verwendete Füllungsmaterial nicht dokumentiert und in neun weiteren Fällen war das Restaurationsmaterial nicht Teil der Studie. Abbildung 3.3.1 zeigt den Prozess der Auswahl der Patienten, die in der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und Abbildung 3.3.2, die in der Mainzer Zahnarztpraxis behandelt wurden.

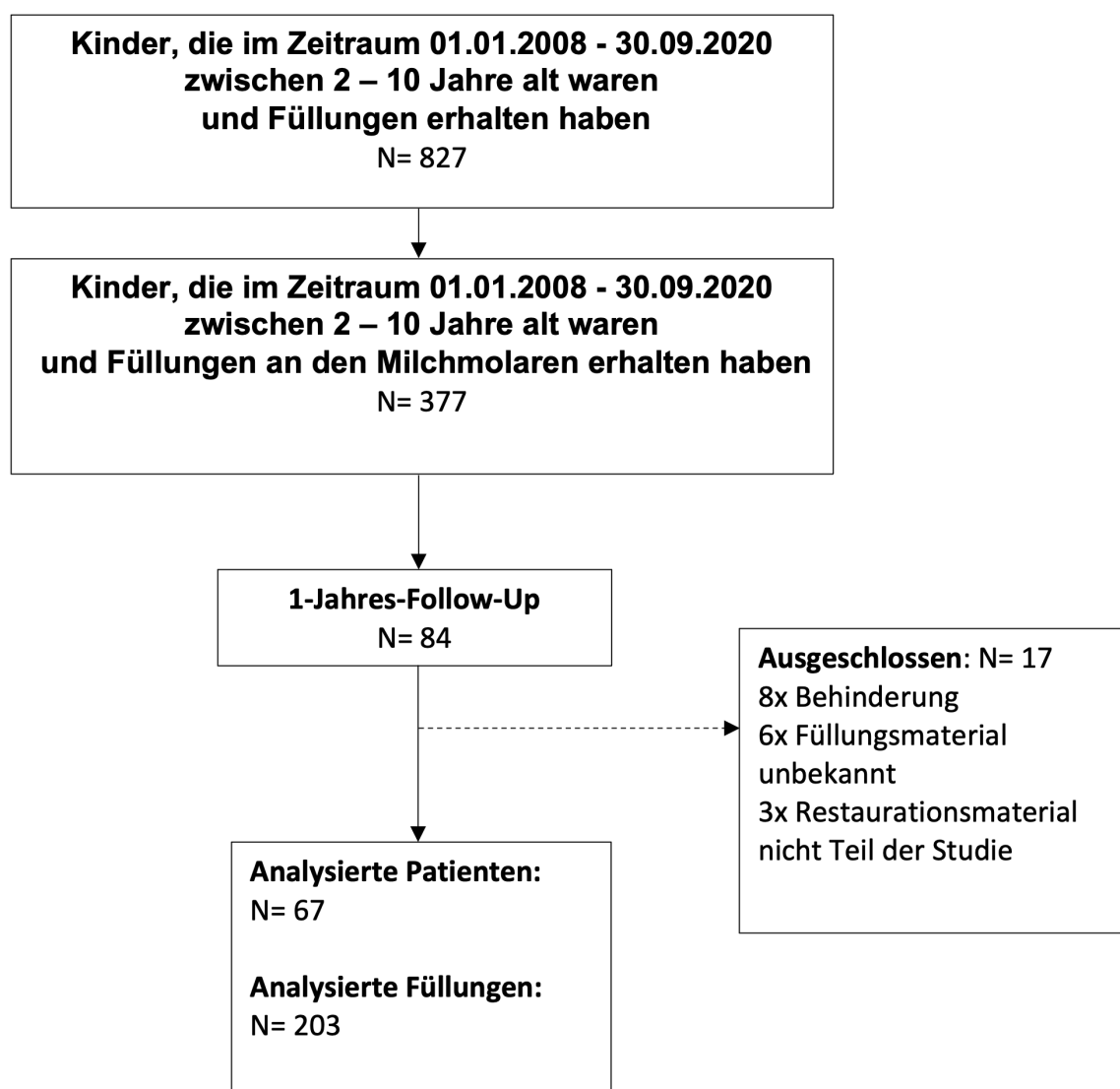


Abbildung 3.3.1: Flow-Chart zur Auswahl der Patientendaten an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

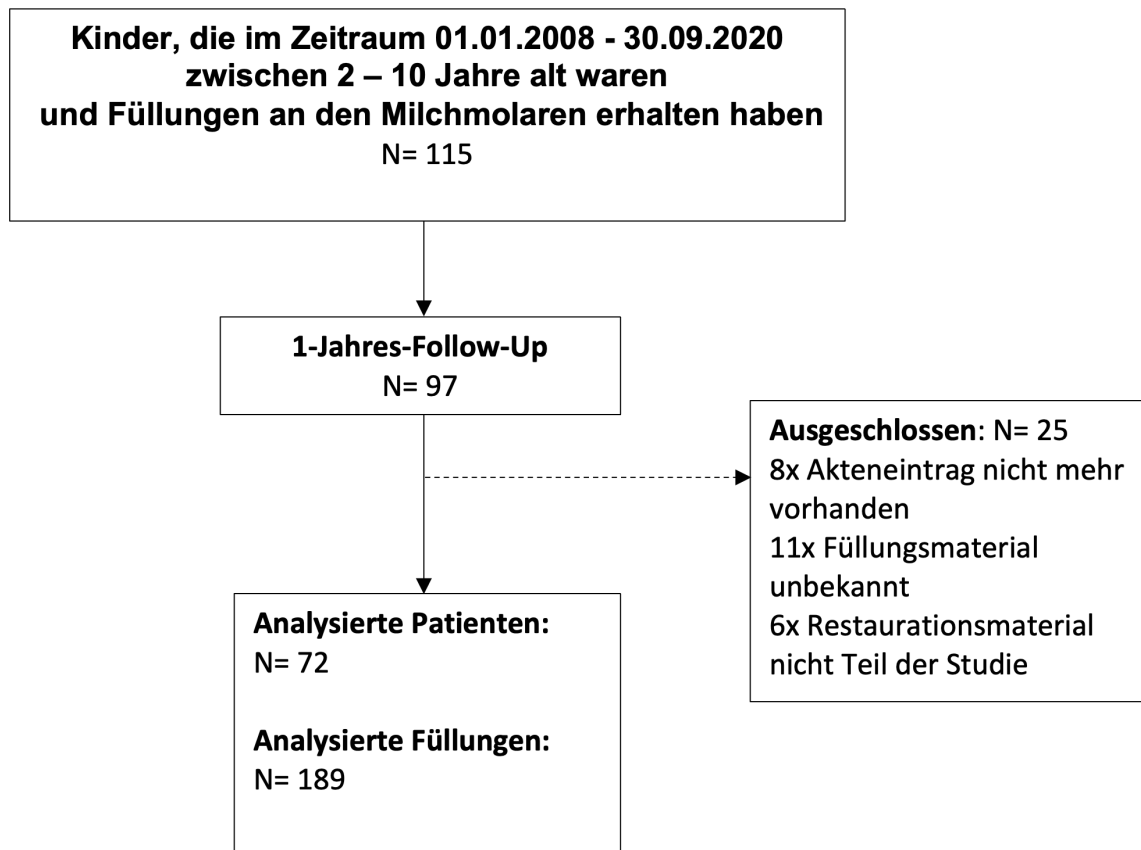


Abbildung 3.3.2: Flow-Chart zur Auswahl der Patientendaten in der Mainzer Zahnarztpraxis

3.4 Datenerfassung

Die Patientendaten der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz wurden dem Patientenverwaltungsprogramm VISIdent (BDV Branchen-Daten-Verarbeitung GmbH, Holzwickede) entnommen. Die Daten der Zahnarztpraxis wurden über das Praxissoftwareprogramm CGM Z1 (CompuGroup Medical, Koblenz) erhoben.

In beiden Fällen erfolgte über das jeweilige Programm eine Selektion aller Patienten, die im Untersuchungszeitraum 01.01.2008 bis 30.09.2020 zur Behandlung vorstellig und zwischen 2 bis 10 Jahre alt waren und Füllungen an den Milchmolaren erhalten hatten. Von den ausgewählten Patienten wurden zunächst die elektronischen Patientenakten zur Datenaufnahme herangezogen und anschließend mit Angaben aus den Papierakten verglichen und gegebenenfalls ergänzt. Die Papierakten wurden weiterhin zur Überprüfung der Anamnese zum Ausschluss von Behinderungen überprüft.

Anschließend erfolgte die Übertragung und Weiterverarbeitung der Patientendaten in das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, USA).

Im Rahmen der Studie wurden als demografische Daten das Geschlecht und das Alter des Kindes zum Zeitpunkt der ersten zahnärztlichen Sanierung erfasst.

Weiterhin wurden der behandelte Milchmolar, das Füllungsmaterial und die Füllungsflächen dokumentiert. Die Auswahl der Milchmolaren für die Studie erfolgte aufgrund ihrer langen Verweildauer im Mund und dadurch der Möglichkeit auch ältere Kinder in die Studie einzuschließen.

Das Vorhandensein der Füllung bei den Kontrolluntersuchungen wurde erfasst. Um die Haltbarkeit einer Füllung zu beurteilen, wurde festgestellt, ob und wie viele Erneuerungen im Beobachtungszeitraum stattfanden. Der Zeitpunkt einer Erneuerung und gegebenenfalls der Durchführung weiterer Maßnahmen wie Vitalamputation oder Extraktion wurde notiert.

Als weitere Daten wurde die Art der Behandlungsmethode erhoben. Die Behandlung erfolgte entweder konventionell am Patientenstuhl oder als Sanierung unter ITN.

Es erfolgte die Dokumentation des Behandlungsortes. Die Behandlung erfolgte entweder an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Klinik) oder in der Mainzer Zahnarztpraxis mit zwei Behandlern (Praxis).

Zur statistischen Auswertung mussten die kategorialen Variablen in Zahlen kodiert werden. In Tabelle 3.4.1 sind die in Excel erhobenen Daten und die entsprechenden Kodierungen zusammengefasst:

Material und Methoden

Fallnummer	1-392
Patient	1-139
Geschlecht	männlich [= 1] / weiblich [= 2]
Geburtsdatum	TT.MM.JJJJ
Füllungsdatum	TT.MM.JJJJ
Zahn	55, 54, 64, 65, 75, 74, 84, 85
Füllungsflächen	einflächig [= 1], zweiflächig [= 2], dreiflächig [= 3], vierflächig [= 4], fünfflächig [= 5]
Füllungsmaterial	Komposit [= 1], Flow-Komposit [= 2], Kompomer [= 3], GIZ [= 4]
Behandlung unter ITN	Ja [= 1] / Nein [= 2]
Intaktheit der Füllung bei Kontrolluntersuchung	Ja [= 1] / Nein [= 2]
Füllungserneuerung	Nein [= 1], 1x Erneuerung [= 2], 2x Erneuerung [= 3], mehr als 2x Erneuerung [= 4]
Datum 1./2./3./4./5./6. Füllungserneuerung	TT.MM.JJJJ
Flächen 1./2./3./4./5./6. Füllungserneuerung	einflächig [= 1], zweiflächig [= 2], dreiflächig [= 3], vierflächig [= 4], fünfflächig [= 5]
Material 1./2./3./4./5./6. Füllungserneuerung	Komposit [= 1], Flow-Komposit [= 2], Kompomer [= 3], GIZ [= 4]
Datum der Vitalamputation/ Extraktion	TT.MM.JJJJ
Vitalamputation/ Extraktion	Nein [= 1], Vitalamputation [= 2], Extraktion [= 3]
Behandlungsort	Klinik [= 1] / Praxis [= 2]

Tabelle 3.4.1: Datenerhebung und Variablenkodierung in Microsoft Excel

3.5 Werkstoffklassen und Materialien

In der Studie wurden die Werkstoffklassen Komposit, Flow-Komposit, Kompomer und GIZ erfasst. Als Komposite waren von den jeweiligen Behandlern die Materialien Filtek (3M Deutschland GmbH, Seefeld) und Venus (Kulzer GmbH, Hanau) und als Kompomer das Material Dyract (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz) verwendet worden. Bei den Flow-Kompositen waren die Materialien Venus Flow/ Venus Diamond Flow (Kulzer GmbH, Hanau) und Filtek Flow (3M Deutschland GmbH, Seefeld) vertreten. Die Bulk-Fill-Komposite SDR (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz) und Venus Bulk Fill (Kulzer GmbH, Hanau) wurden nicht gesondert betrachtet und ebenfalls zu der Gruppe der Flow-Komposite gezählt. Zu den untersuchten GIZ zählten Ketac Fil/ Ketac Molar (3M Deutschland GmbH, Seefeld), Photac Fil (3M Deutschland GmbH, Seefeld), Chemfil (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz) und GC Fuji Triage (GC, Bad Homburg).

3.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte unter Anleitung des Instituts für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der Universitätsmedizin Mainz. Die Fallzahlen der retrospektiven Kohortenstudie ergaben sich aus der Anzahl der vorhandenen Patientenakten für den gewählten Untersuchungszeitraum. Die Durchführung der statistischen Analyse fand mithilfe der Statistik- und Analyse-Software SPSS V27 statt (SPSS, Chicago, IL, USA). Die statistische Analyse erfolgte sowohl deskriptiv als auch explorativ. Für die explorativen Tests wurden der Chi-Quadrat-Test nach Pearson und der Exakte Test nach Fisher-Freeman-Halton angewendet. Das Signifikanzniveau wurde mit $\alpha = 0,05$ gewählt.

4 Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv der vorliegenden Studie umfasste die Daten von 139 Kindern, davon waren 47,5 % (n = 66) Mädchen und 52,5 % (n = 73) Jungen (Abbildung 4.1.1). 48,2 % (n = 67) der Patienten, die im Beobachtungszeitraum den Einschlusskriterien entsprachen, wurden an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und 51,8 % (n = 72) in der Mainzer Zahnarztpraxis mit zwei Behandlern behandelt.

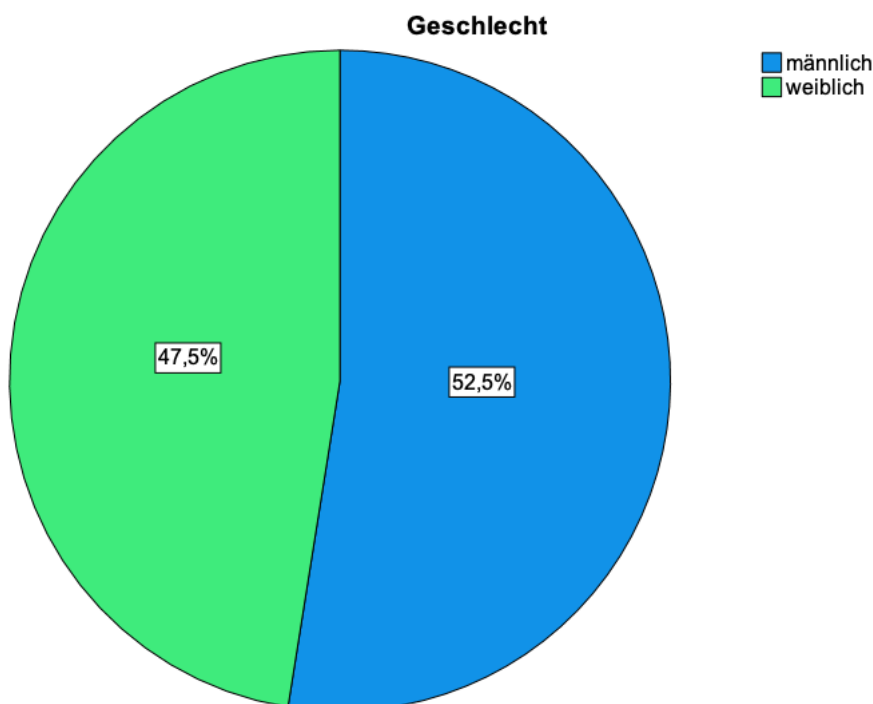


Abbildung 4.1.1: Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs

Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der initialen Füllungstherapie lag bei den Mädchen bei $6,9 \pm 2,11$ Jahren, der Median bei 6,77 Jahren. Bei den Jungen lag das mittlere Alter bei $7,36 \pm 2,18$ Jahren und der Median bei 7,17 Jahren. Der jüngste weibliche Patient war bei der initialen Füllungstherapie 2,55 Jahre, der jüngste männliche Patient 2,3 Jahre, der älteste weibliche Patient war 10,89 Jahre und der älteste männliche Patient war 10,93 Jahre alt (Abbildung 4.1.2).

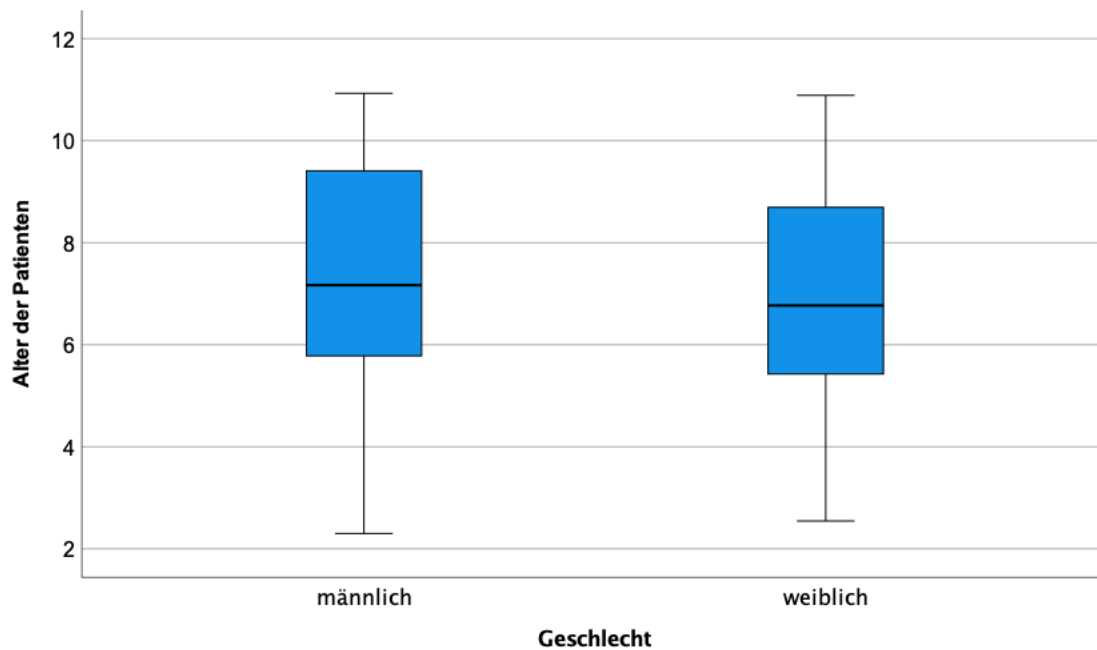


Abbildung 4.1.2: Deskription des Alters der Patienten bei der initialen Füllungstherapie

Betrachtet man die einzelnen Patientengruppen nach Behandlungsort, wird ersichtlich, dass sich die Altersverteilungen unterschieden (Abbildung 4.1.3). An der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz lag das mittlere Alter zum Zeitpunkt der initialen Füllungstherapie bei $6,02 \pm 1,97$ Jahren, der Median bei 5,89 Jahren. Der jüngste weibliche Patient war bei der initialen Füllungstherapie 2,55 Jahre, der jüngste männliche Patient 2,3 Jahre, der älteste weibliche Patient war 9,75 Jahre und der älteste männliche Patient war 10,7 Jahre alt. Das mittlere Alter der Patienten in der Mainzer Zahnarztpraxis lag bei $8,17 \pm 1,77$ Jahren, der Median bei 8,66 Jahren. Zum Zeitpunkt der initialen Füllungstherapie betrug das Alter des jüngsten weiblichen Patienten 4,47 Jahre und des jüngsten männlichen Patienten 3,9 Jahre. Der älteste weibliche Patient war 10,89 Jahre und der älteste männliche Patient 10,93 Jahre alt.

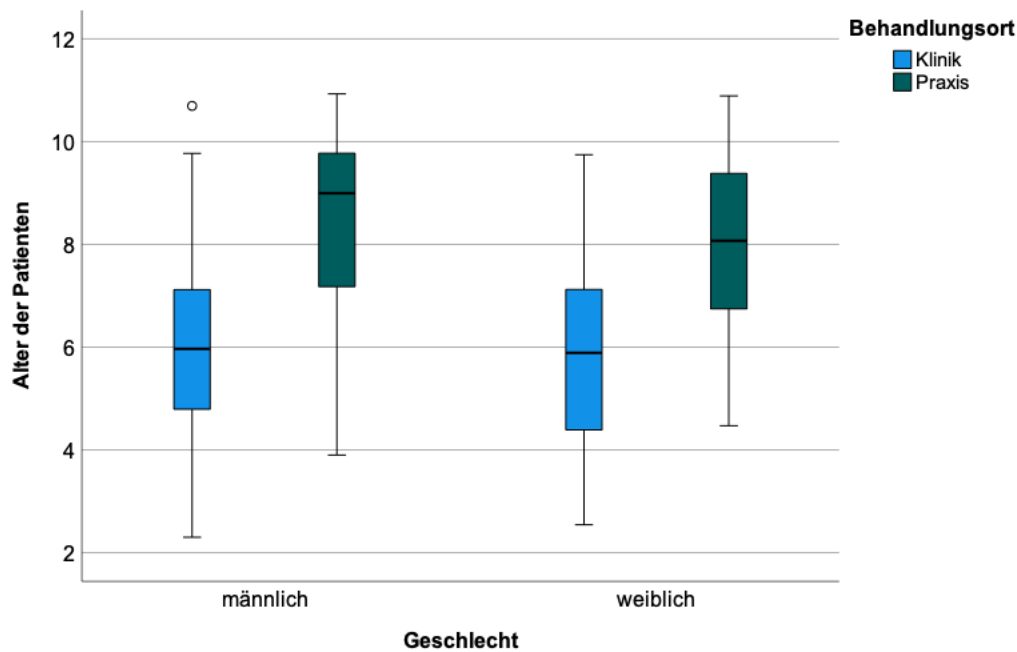


Abbildung 4.1.3: Deskription des Alters der Patienten bei der initialen Füllungstherapie nach Behandlungsort

4.2 Geschlecht des Kindes

Von den insgesamt 392 Füllungen war ein Anteil von 51 % ($n = 200$) an männlichen und 49 % ($n = 192$) an weiblichen Patienten gelegt worden (Tabelle 4.2.1). Die Füllungen der Jungen waren in 83 % ($n = 166$) der Fälle nicht erneuert worden. 9 % ($n = 18$) waren einmal, 6,5 % ($n = 13$) zweimal und 1,5 % ($n = 3$) mehr als zweimal erneuert worden. Bei den Mädchen erfolgte bei 83,9 % ($n = 161$) der Füllungen keine Erneuerung. Ein Anteil von 14,1 % ($n = 27$) wurde einmal, 1 % ($n = 2$) zweimal und wiederum 1 % ($n = 2$) mehr als zweimal erneuert.

Anzahl			Füllung erneuert				Gesamt
			nein	1x	2x	>2x	
männlich	initiales Füllungsmaterial	Komposit	37	2	2	0	41
		Flow-Komposit	40	2	1	0	43
		Kompomer	38	1	1	0	40
		GIZ	51	13	9	3	76
	Gesamt		166	18	13	3	200
weiblich	initiales Füllungsmaterial	Komposit	36	6	0	0	42
		Flow-Komposit	60	11	2	1	74
		Kompomer	23	1	0	0	24
		GIZ	42	9	0	1	52
	Gesamt		161	27	2	2	192
Gesamt	initiales Füllungsmaterial	Komposit	73	8	2	0	83
		Flow-Komposit	100	13	3	1	117
		Kompomer	61	2	1	0	64
		GIZ	93	22	9	4	128
	Gesamt		327	45	15	5	392

Tabelle 4.2.1: Absolute Häufigkeiten der Füllungserneuerung nach Füllungsmaterialien und Geschlecht

4.2.1 Geschlecht des Kindes und Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren

Der exakte Test nach Fisher-Freeman-Halton ergab einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren (Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton = 10,290; $p = 0,012$). Jungen waren statistisch signifikant häufiger von Füllungserneuerungen betroffen als Mädchen. Bei den Jungen wurden 17 % ($n = 34$) der Füllungen mindestens einmal erneuert, bei den Mädchen waren es 16,1 % ($n = 31$) (Tabelle 4.2.1). Bei den weiblichen Patienten wurden die meisten Füllungen lediglich einmal ($n = 27$) erneuert, genauso viele Füllungen wurden zweimal ($n = 2$) oder mehr als zweimal ($n = 2$) erneuert (Abbildung 4.2.1). Innerhalb des männlichen Kollektivs gab es weniger Füllungen, die einmal ($n = 18$) erneuert wurden, als bei den weiblichen Patienten. Bei den männlichen Patienten wurden mehr Füllungen zweimal ($n = 13$) oder mehr als zweimal ($n = 3$) erneuert als bei den weiblichen Patienten.

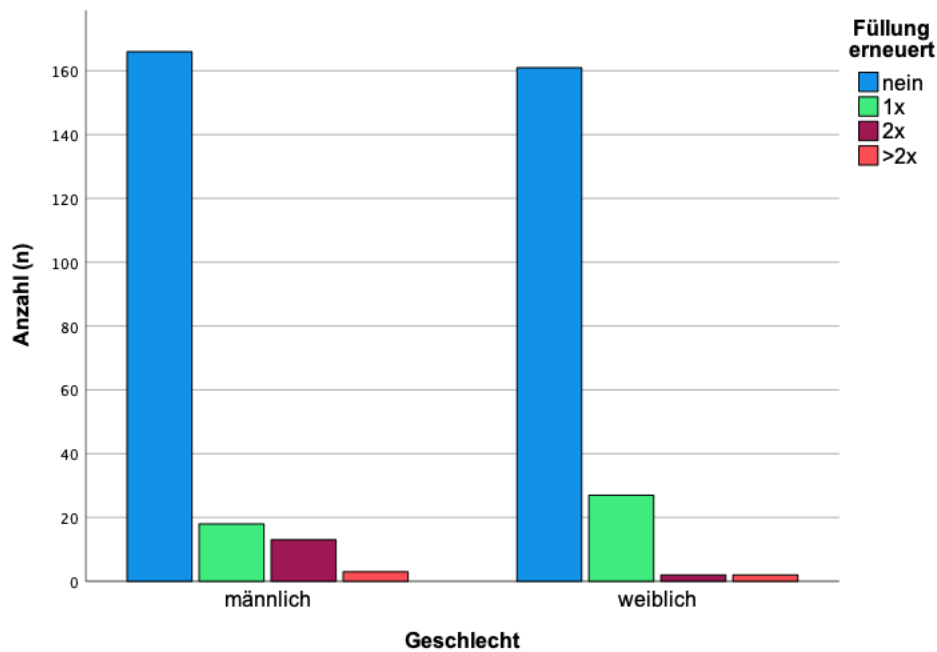


Abbildung 4.2.1: Anzahl der Füllungserneuerungen nach Geschlecht

4.3 Füllungslokalisierung

Die zweiten Milchmolaren wurden mit 55,9 % (n = 219) häufiger als die ersten Milchmolaren (44,1 %, n = 173) restauriert. Insgesamt waren 52 % (n = 204) der Füllungen im Oberkiefer und 48 % (n = 188) im Unterkiefer gelegt worden. Bezogen auf die einzelnen Zähne ergaben sich für Zahn 54 9,7 % (n = 38), Zahn 55 15,3 % (n = 60), Zahn 64 11,2 % (n = 44), Zahn 65 15,8 % (n = 62), Zahn 74 12,0 % (n = 47), Zahn 75 12,8 %, (n = 50), Zahn 84 11,2 % (n = 44) und Zahn 85 12,0 % (n = 47) (Abbildung 4.3.1).

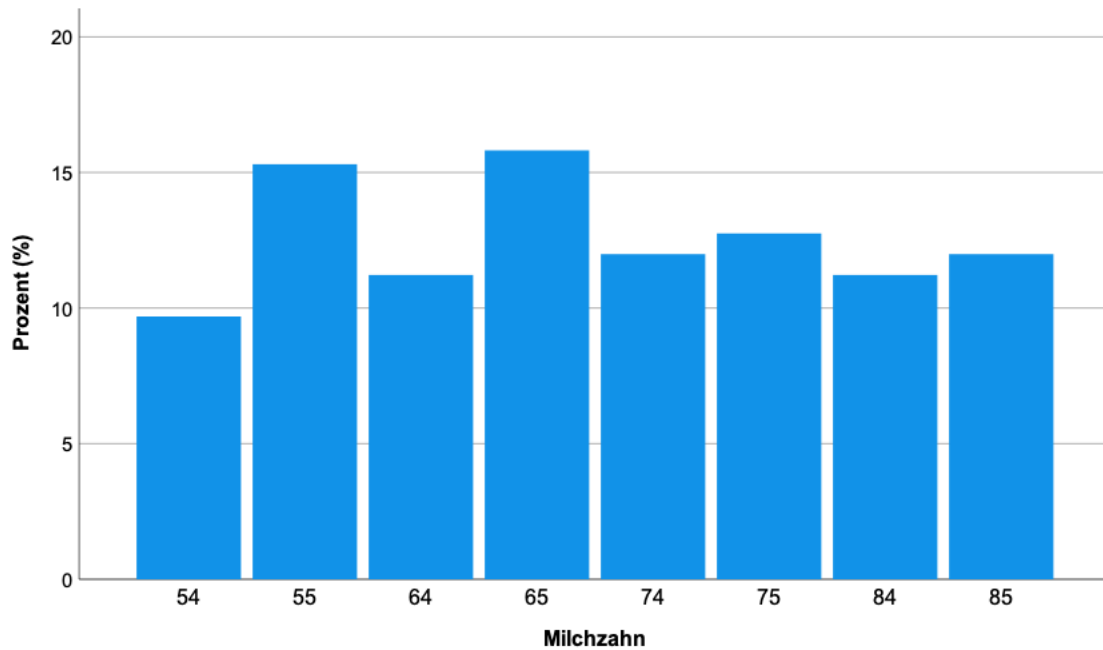


Abbildung 4.3.1: Relative Häufigkeit der Füllungslokalisierung

4.4 Füllungsflächen

Bei der initialen Füllungstherapie war der Anteil der zweiflächigen Füllungen mit 59,2 % (n = 232) am höchsten. Darauf folgten einflächige Füllungen mit 32,4 % (n = 127). Nur 6,9 % (n = 27) der Füllungen waren dreiflächig, 1,3 % (n = 5) vierflächig und 0,3 % (n = 1) fünfflächig (Abbildung 4.4.1).

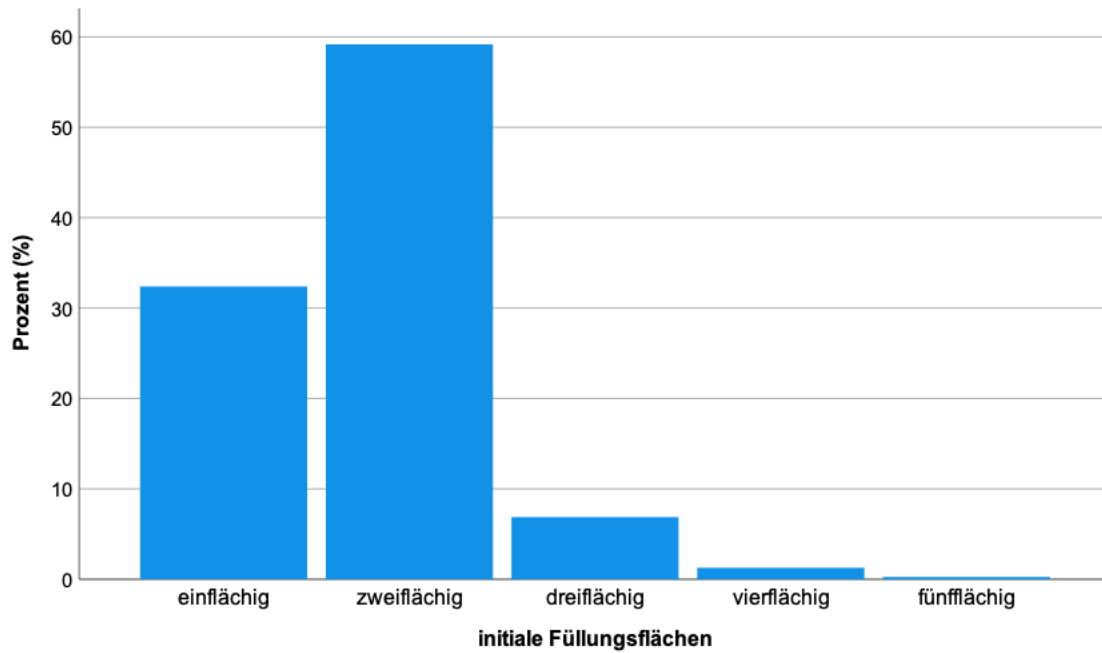


Abbildung 4.4.1: Relative Häufigkeit der initialen Füllungsflächen

4.4.1 Initiale Füllungsflächen und Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren

Die statistische Analyse ergab kein statistisch signifikantes Ergebnis (Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton = 19,357; $p = 0,121$) hinsichtlich der initialen Füllungsflächen und der Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren.

4.5 Füllungsmaterialien

21,2 % ($n = 83$) der 392 Milchmolaren waren mit Komposit, 29,8 % ($n = 117$) mit Flow-Komposit, 16,3 % ($n = 64$) mit Kompomer und 32,7 % ($n = 128$) mit GIZ versorgt worden (Abbildung 4.5.1).

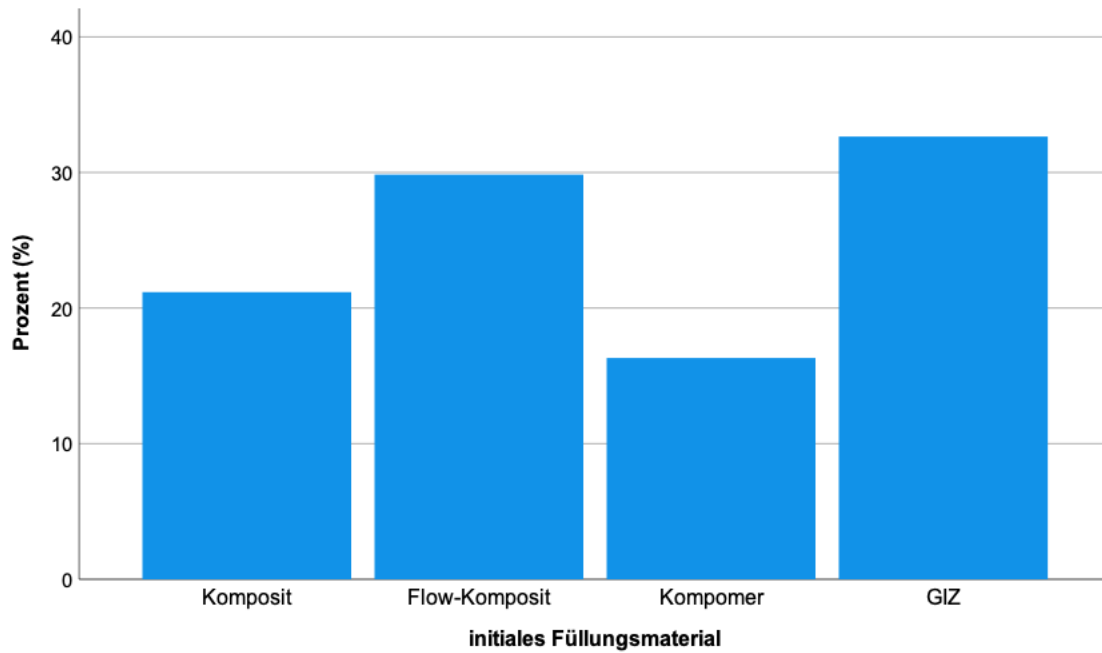


Abbildung 4.5.1: Relative Häufigkeit des initialen Füllungsmaterials

Differenziert nach Geschlecht, Behandlungsort und Behandlungsmethode ergaben sich jeweils verschiedene prozentuale Häufigkeiten für die Füllungsmaterialien (Abbildung 4.5.2). Geschlechtsspezifische Unterschiede ließen sich an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz sowohl bei der Sanierung unter ITN als auch bei der konventionellen Behandlung am Patientenstuhl feststellen. Dort wurden bei der Behandlung unter ITN ausschließlich Flow-Komposit (56,8 %) und Kompomer (43,2 %) verwendet. Bei den männlichen Patienten überwog Kompomer mit 11 % (n = 22) gegenüber Flow-Komposit mit 6 % (n = 12) (Abbildung 4.5.2). Bei den weiblichen Patienten war es gegenteilig mit 16 % (n = 30) der Füllungen, die mit Flow-Komposit und 5 % (n = 10) der Füllungen, die mit Kompomer als Füllungsmaterial gelegt wurden. Im Rahmen der konventionellen Behandlung dominierte an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz bei den Jungen das Material GIZ (14 %, n = 28) und bei den Mädchen Flow-Komposit (19 %, n = 36). In der Mainzer Zahnarztpraxis erfolgten keine Behandlungen unter ITN. Die Geschlechterverteilung der verwendeten Füllungsmaterialien war in der Mainzer Zahnarztpraxis nahezu ausgeglichen. Hier führten bei beiden Geschlechtern die Füllungsmaterialien GIZ (Jungen: 24 %, n = 48; Mädchen: 22 %, n = 42) und

Komposit (Jungen: 18 %, n = 36; Mädchen: 20 %, n = 39). Flow-Komposit und Kompomer waren mit 4 % (n = 8) und 2 % (n = 4) bei beiden Geschlechtern gleich repräsentiert.

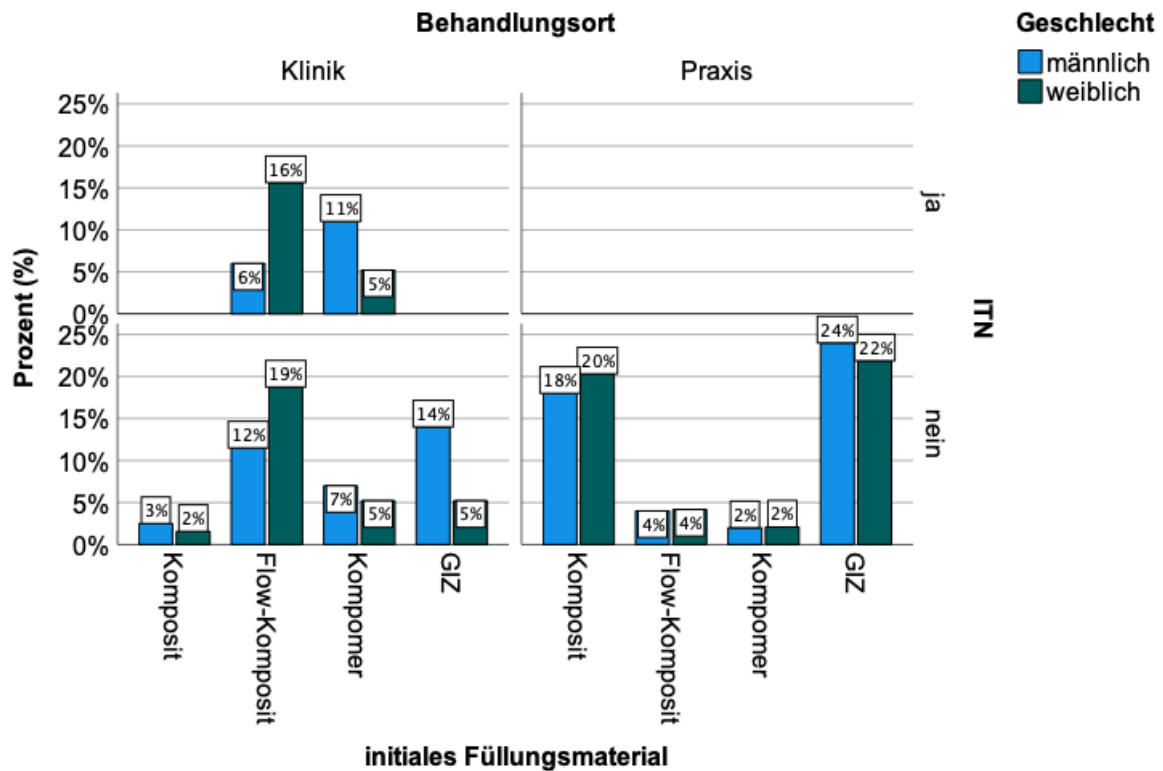


Abbildung 4.5.2: Relative Häufigkeit des initialen Füllungsmaterials nach Geschlecht, Behandlungsort und Behandlungsmethode

4.5.1 Initiales Füllungsmaterial und Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren

Im Rahmen der Studie wurde folgende Nullhypothese (H_0) formuliert, die es zu widerlegen galt:

H_0 : Es gibt keinen Unterschied in der Haltbarkeit der verschiedenen Füllungsmaterialien (Komposit, Flow-Komposit, Kompomer und GIZ) an Milchmolaren.

Als Maß zur Beurteilung der Haltbarkeit einer Füllung wurde das Vorkommen von Erneuerungen der Füllung bewertet. Keine Erneuerung wurde als positiv bezüglich der Haltbarkeit gewertet. Die Erneuerungsrate der Kompomer-Füllungen war im

Vergleich zu den anderen Füllungsmaterialien mit 4,7 % niedrig. 3,1 % wurden einmal und 1,6 % zweimal erneuert. Keine Kompomer-Füllung wurde mehr als zweimal erneuert. Somit war ein Anteil von 95,3 % der Kompomer-Füllungen im Beobachtungszeitraum nicht erneuert worden (Tabelle 4.5.1). 88,0 % der Komposit-Füllungen waren im Beobachtungszeitraum intakt. 9,6 % dieser Füllungen wurden einmal, 2,4 % zweimal und keine Füllung mehr als zweimal erneuert. Keine Füllungserneuerung ergab sich bei 85,5 % der Füllungen mit Flow-Komposit, 11,1 % dieser Füllungen wurden einmal, 2,6 % zweimal und 0,9 % mehr als zweimal erneuert. GIZ hatte verglichen mit den anderen Füllungsmaterialien mit 27,3 % die höchste Erneuerungsrate. 17,2 % der GIZ-Füllungen wurden einmal, 7,0 % zweimal und 3,1 % mehr als zweimal erneuert. 72,7 % der Füllungen, die initial mit GIZ gefüllt worden waren, wurden nicht erneuert.

			Füllung erneuert				Gesamt
			nein	1x	2x	>2x	
initiales Füllungsmaterial	Komposit	Anzahl	73	8	2	0	83
		% von initiales Füllungsmaterial	88,0%	9,6%	2,4%	0,0%	100,0%
	Flow-Komposit	Anzahl	100	13	3	1	117
		% von initiales Füllungsmaterial	85,5%	11,1%	2,6%	0,9%	100,0%
Kompomer	Anzahl	61	2	1	0	64	
	% von initiales Füllungsmaterial	95,3%	3,1%	1,6%	0,0%	100,0%	
GIZ	Anzahl	93	22	9	4	128	
	% von initiales Füllungsmaterial	72,7%	17,2%	7,0%	3,1%	100,0%	
Gesamt		Anzahl	327	45	15	5	392
		% von initiales Füllungsmaterial	83,4%	11,5%	3,8%	1,3%	100,0%

Tabelle 4.5.1: Absolute und relative Häufigkeiten der Füllungserneuerung nach Füllungsmaterialien

GIZ wurde am häufigsten als Füllungsmaterial verwendet. GIZ hatte die meisten Füllungserneuerungen im Vergleich zu den drei anderen Füllungsmaterialien (Abbildung 4.5.3). Kompomer wurde am seltensten als Füllungsmaterial verwendet, wies allerdings absolut und relativ gesehen auch die geringste Rate an Füllungserneuerungen auf (Tabelle 4.5.1).

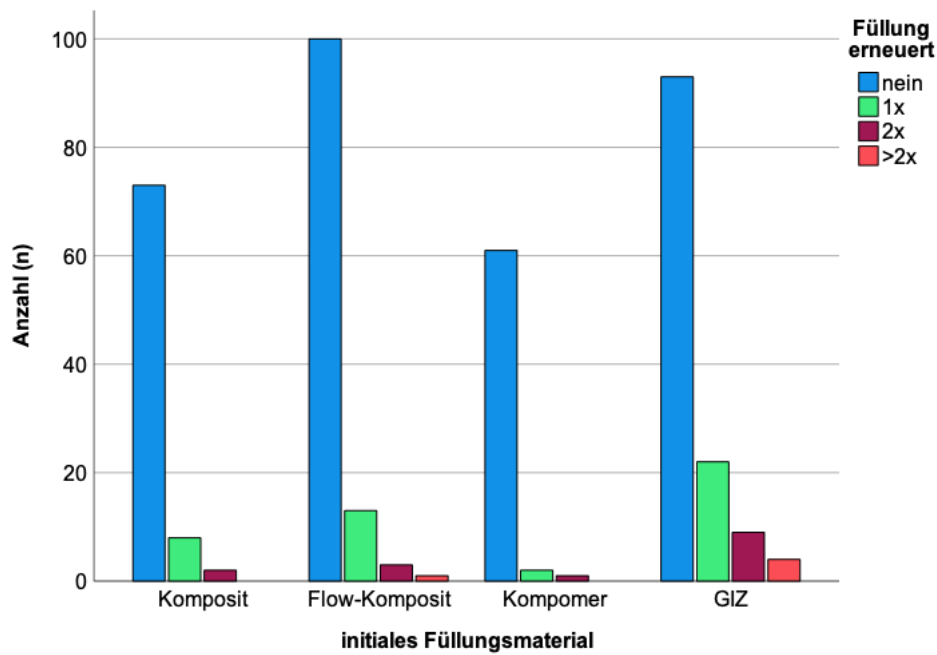


Abbildung 4.5.3: Anzahl der Füllungserneuerungen nach Füllungsmaterial

Mittels Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied hinsichtlich der Haltbarkeit der verschiedenen Füllungsmaterialien an den Milchmolaren (Pearson-Chi-Quadrat = 21,595; $p = 0,01$). Kompomer hatte in der vorliegenden Studie die beste Haltbarkeit an Milchmolaren, gefolgt von Komposit, Flow-Komposit und GIZ. Somit konnte die Nullhypothese (H_0) widerlegt werden.

4.6 Füllungserneuerung

83,4 % (n = 327) der Füllungen wurden im Beobachtungszeitraum nicht erneuert (Abbildung 4.6.1). Ein Anteil von 11,5 % (n = 45) der Füllungen wurde einmal, 3,8 % (n = 15) zweimal erneuert und lediglich bei einem Anteil von 1,3 % (n = 5) erfolgten mehr als zwei Erneuerungen.

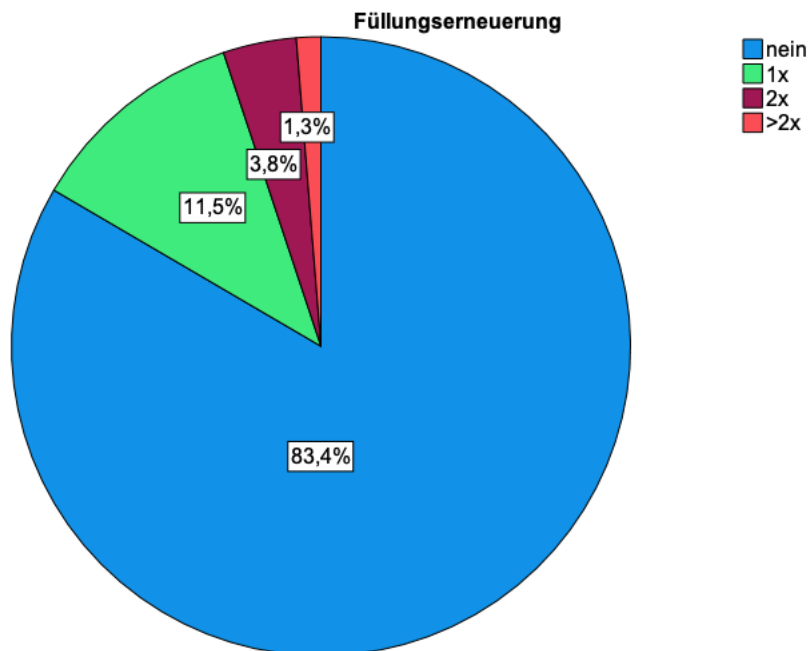


Abbildung 4.6.1: Relative Häufigkeit der Füllungserneuerungen

Für die 65 Füllungen, die im Beobachtungszeitraum mindestens einmal erneuert wurden, wurde eine mittlere Haltbarkeitsdauer der initialen Füllung bis zur ersten Erneuerung von $1,44 \pm 1,17$ Jahren ermittelt. Der Median betrug 1,11 Jahre. Die kürzeste Haltbarkeit einer Füllung lag bei 0 Jahren, die längste bei 4,77 Jahren. Bei den männlichen Patienten betrug die mittlere Haltbarkeitsdauer der initialen Füllung $1,53 \pm 1,27$ Jahre mit einem Median von 1,08 Jahren (Abbildung 4.6.2). Für die weiblichen Patienten konnte eine mittlere Haltbarkeitsdauer von $1,35 \pm 1,07$ Jahren und ein Median von 1,15 Jahren errechnet werden (Abbildung 4.6.2).

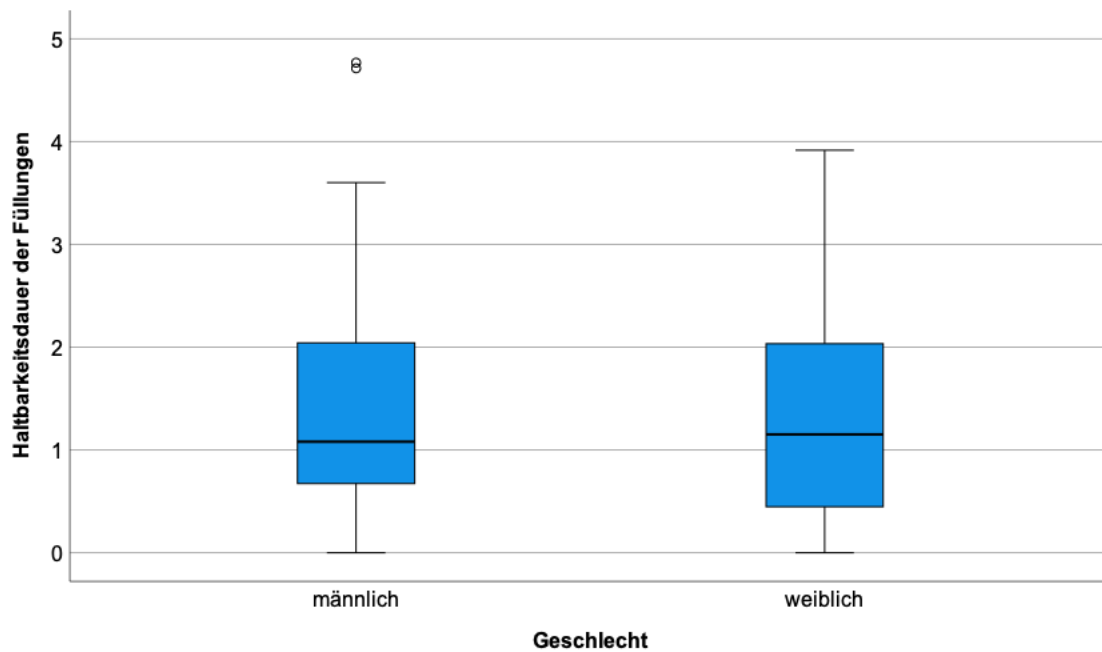


Abbildung 4.6.2: Deskription der Haltbarkeitsdauer der initialen Füllungen in Jahren

4.6.1 Füllungsmaterial bei den Erneuerungen

Bei der ersten Erneuerung führte anders als bei der initialen Füllungstherapie GIZ als Füllungsmaterial mit 49,2 % ($n = 32$), gefolgt von Flow-Komposit mit 30,8 % ($n = 20$) und Komposit mit 15,4 % ($n = 10$) sowie Kompomer mit 4,6 % ($n = 3$) an letzter Stelle (Abbildung 4.6.3). Bei der zweiten Erneuerung war die Reihenfolge dieselbige, Kompomer fehlte jedoch gänzlich als Füllungsmaterial (Abbildung 4.6.4).

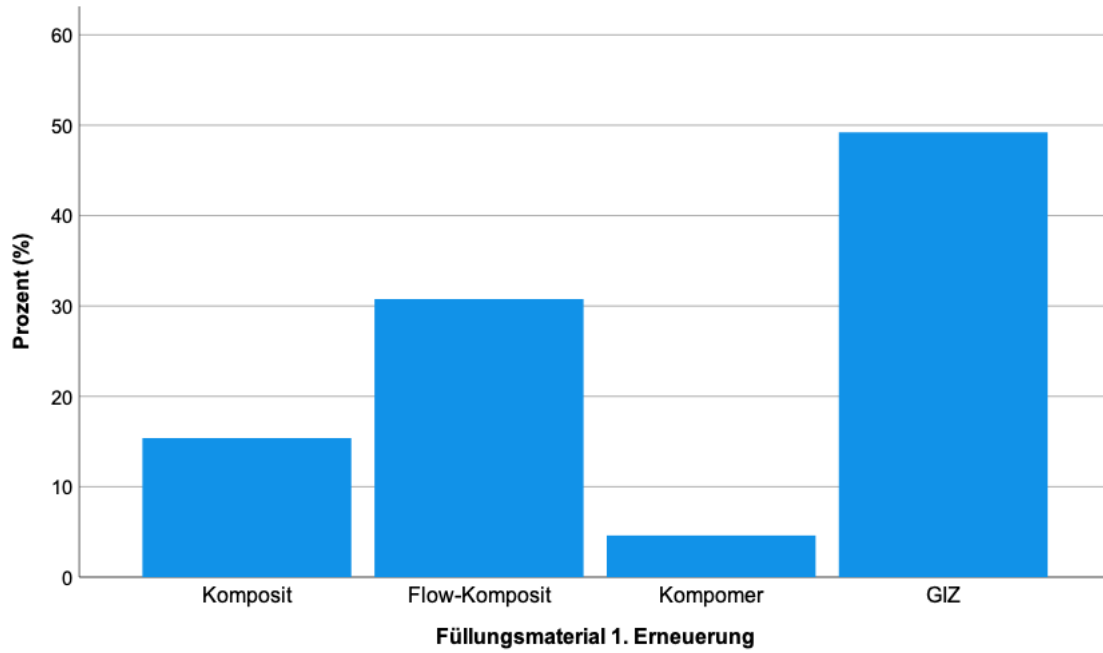


Abbildung 4.6.3: Relative Häufigkeit der Füllungsmaterialien bei der 1. Erneuerung

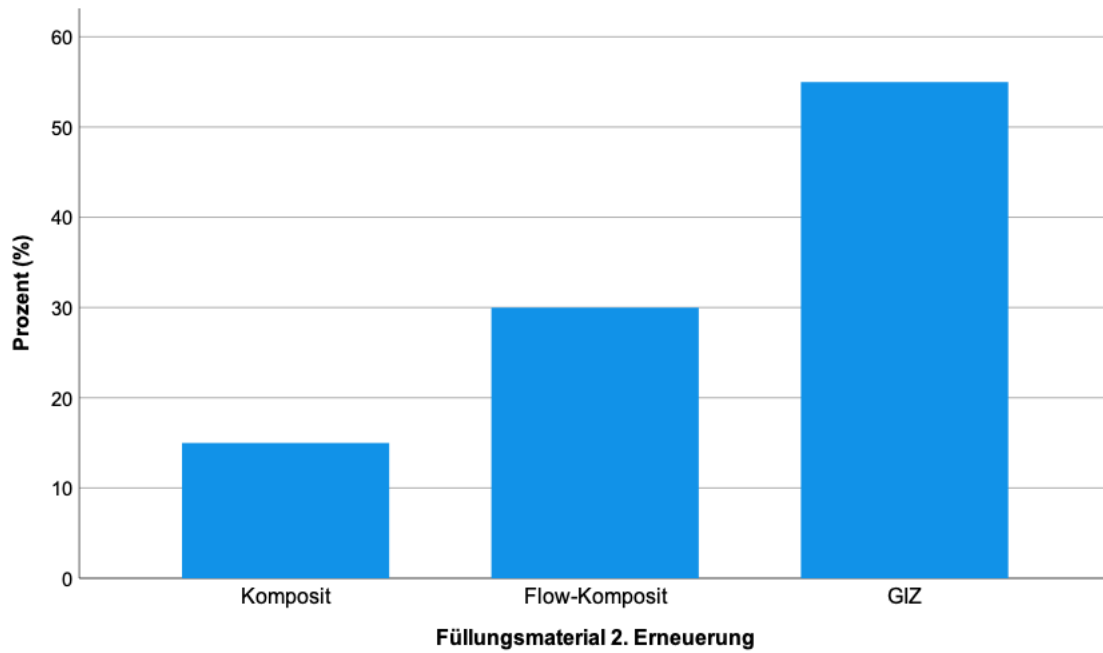


Abbildung 4.6.4: Relative Häufigkeit der Füllungsmaterialien bei der 2. Erneuerung

4.7 Weitere Behandlung der gefüllten Milchzähne

Im Beobachtungszeitraum wurde bei 90,8 % (n = 356) der Zähne keine Pulpotomie und Extraktion durchgeführt. Bei 2,3 % (n = 9) der Milchmolaren kam es zur Vitalamputation und bei 6,9 % (n = 27) zur Extraktion (Abbildung 4.7.1).

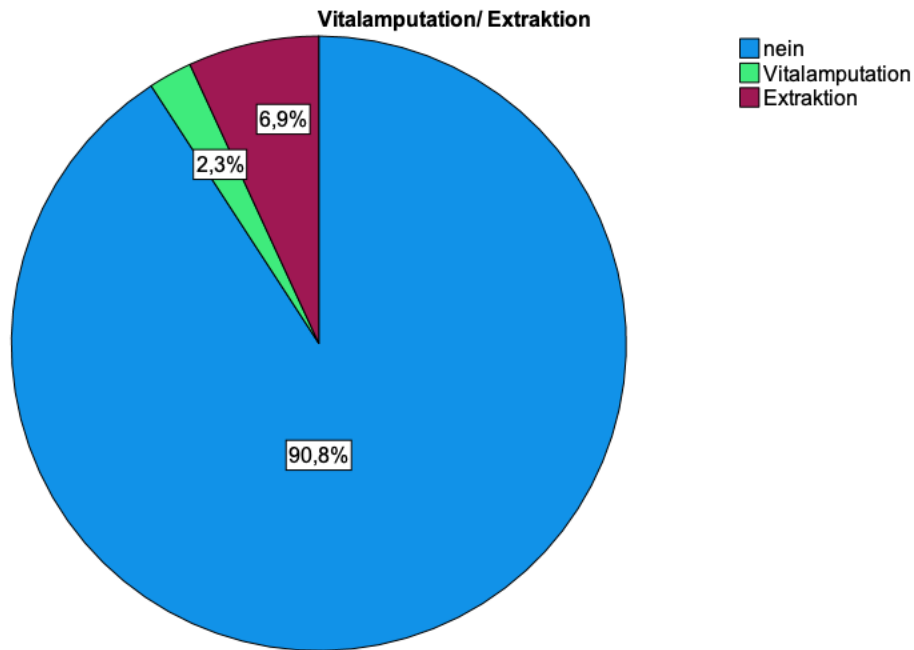


Abbildung 4.7.1: Relative Häufigkeit weiterer Behandlungen an gefüllten Milchzähnen

4.8 Behandlungsmethode

Hinsichtlich der Behandlungsmethode erfolgte an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz in 63,5 % (n = 129) der Fälle die konventionelle Behandlung am Patientenstuhl und in 36,5 % (n = 74) der Fälle eine Sanierung unter ITN (Tabelle 4.8.1). In der Mainzer Zahnarztpraxis erfolgten alle Behandlungen am Patientenstuhl, da keine ITN als Behandlungsoption zur Verfügung stand.

4.8.1 Behandlungsmethode ITN und Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren

Von den 74 Füllungen, die während einer Sanierung unter ITN an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-

Universität Mainz gelegt wurden, wurden 94,6 % (n = 70) nicht erneuert, 4,1 % (n = 3) wurden einmal und 1,4 % (n = 1) zweimal erneuert (Tabelle 4.8.1). Bei keiner (0 %) der Füllungen waren mehr als zwei Erneuerungen durchgeführt worden. Die 129 Füllungen, die im Rahmen der konventionellen Behandlung am Patientenstuhl an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz gelegt wurden, wurden 14,7 % (n = 19) einmal, 7,8 % (n = 10) zweimal und 3,9 % (n = 5) mehr als zweimal erneuert. Bei einem Anteil von 73,6 % (n = 95) erfolgte keine Erneuerung der initialen Füllung.

Anzahl			Füllung erneuert				Gesamt
			nein	1x	2x	>2x	
ja	initiales Füllungsmaterial	Flow-Komposit	39	3	0		42
		Kompomer	31	0	1		32
	Gesamt		70	3	1		74
nein	initiales Füllungsmaterial	Komposit	7	0	1	0	8
		Flow-Komposit	47	8	3	1	59
		Kompomer	23	1	0	0	24
		GIZ	18	10	6	4	38
Gesamt		95	19	10	5	129	
Gesamt	initiales Füllungsmaterial	Komposit	7	0	1	0	8
		Flow-Komposit	86	11	3	1	101
		Kompomer	54	1	1	0	56
		GIZ	18	10	6	4	38
Gesamt		165	22	11	5	203	

Tabelle 4.8.1: Absolute Häufigkeiten der Füllungserneuerung an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz nach Füllungsmaterialien und Behandlungsmethode

Mittels exaktem Test nach Fisher-Freeman-Halton konnte ein statistisch signifikanter Unterschied der Behandlungsmethode auf die Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren nachgewiesen werden (Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton = 13,746; $p = 0,02$). Eine Sanierung unter ITN stand in Zusammenhang mit einer besseren Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren mit insgesamt weniger Erneuerungen sowie einer geringeren Häufigkeit an Füllungserneuerungen.

4.9 Behandlungsort

Von den n = 392 (100 %) Füllungen wurden 51,8 % (n = 203) in der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-

Universität Mainz und 48,2 % (n = 189) in der Mainzer Zahnarztpraxis gelegt (Tabelle 4.9.1). An der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz wurden 81,3 % (n = 165) der Füllungen nicht erneuert. 10,8 % (n = 22) wurden einmal, 5,4 % (n = 11) zweimal und 2,5 % (n = 5) mehr als zweimal erneuert. In der Mainzer Zahnarztpraxis erfolgte bei 85,7 % (n = 162) der Füllungen keine Erneuerung. 12,2 % (n = 23) wurden einmal, 2,1 % (n = 4) zweimal und keine (0 %) der Füllungen mehr als zweimal erneuert.

Behandlungsort			Füllung erneuert				Gesamt
			nein	1x	2x	>2x	
Klinik	initiales Füllungsmaterial	Komposit	7	0	1	0	8
		Flow-Komposit	86	11	3	1	101
		Kompomer	54	1	1	0	56
		GIZ	18	10	6	4	38
	Gesamt		165	22	11	5	203
Praxis	initiales Füllungsmaterial	Komposit	66	8	1		75
		Flow-Komposit	14	2	0		16
		Kompomer	7	1	0		8
		GIZ	75	12	3		90
	Gesamt		162	23	4		189
Gesamt	initiales Füllungsmaterial	Komposit	73	8	2	0	83
		Flow-Komposit	100	13	3	1	117
		Kompomer	61	2	1	0	64
		GIZ	93	22	9	4	128
	Gesamt		327	45	15	5	392

Tabelle 4.9.1: Absolute Häufigkeiten der Füllungserneuerung nach Füllungsmaterialien und Behandlungsort

Der Exakte Test nach Fisher-Freeman-Halton zeigte in dieser Studie einen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich des Behandlungsortes (Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton = 7,633; $p = 0,049$). Für die Mainzer Zahnarztpraxis konnten bessere Haltbarkeiten der Füllungen an den Milchmolaren festgestellt und die Hypothese (N_0) widerlegt werden. Es gab insgesamt weniger Erneuerungen als an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und auch die relative Häufigkeit der Erneuerungen fiel geringer aus.

5 Diskussion

5.1 Patientenkollektiv

Die vorliegende Studie umfasste insgesamt 139 Patienten, die im Zeitraum zwischen 01.01.2008 und 30.09.2020 an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (48,2 %) oder in einer Mainzer Zahnarztpraxis (51,8 %) mindestens eine Füllung an einem Milchmolaren erhalten hatten. Es gab bis dato sehr wenige Studien, die fast alle derzeit verfügbaren Füllungsmaterialien im Milchgebiss im Hinblick auf ihre klinische Erfolgsrate verglichen hatten. Die Probandenzahl ($n = 139$) und die Anzahl der untersuchten Füllungen ($n = 392$) in der vorliegenden Studie waren in der gleichen Größenordnung wie in anderen Studien. Ersin et al. (2006) stellten Vergleiche zwischen den Materialien Komposit und GIZ an 219 Kindern mit insgesamt 419 Milchzahnfüllungen der Klassen I und II an Milchmolaren an. Ladewig et al. (2017) verglichen ebenfalls Komposit und GIZ anhand von 204 Milchzahnfüllungen der Klasse I und 240 der Klasse II miteinander. An der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz waren es zwar zu Beginn 377 Patienten, die auf die Studienkriterien gepasst hätten, allerdings haben nur 84 davon das 1-Jahres-Follow-Up eingehalten. Dies entspricht einem geringen Anteil von nur 22,3 %. Im Vergleich dazu waren in der Mainzer Zahnarztpraxis 115 Patienten, die den Kriterien entsprachen, von denen 97 zum 1-Jahres-Follow-Up erschienen (84,3 %). Dieser große Unterschied ist vor allem auf die Tatsache zurückzuführen, dass Patienten in niedergelassenen Praxen, oft motiviert durch entsprechende Recall-Programme regelmäßiger zur jährlichen Kontrolle erscheinen. Eine aktuelle Studie evaluierte den Erfolg der Therapie von Kindern mit ECC nach Behandlung unter ITN an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Ehlers et al., 2022). Im Rahmen dieser Studie wurden die Kinder 1 bis 6 Jahre nach der Behandlung telefonisch für eine Kontrolluntersuchung kontaktiert (Ehlers et al., 2022). Dabei stellten die Autoren fest, dass nur ein geringer Teil der Patienten zur Nachkontrolle erschien (Ehlers et al., 2022). Als Gründe dafür waren Nichtinteresse, eine fehlende Erreichbarkeit sowie eine zu weite Anfahrt zu erfassen (Ehlers et al., 2022). Nach Behandlungen unter ITN sind die Patienten erst bei Schmerzen oder

Restaurationsverlust bereitet einen Zahnarzt aufzusuchen (Leagault et al., 1972, Ehlers et al., 2022).

Das Geschlechterverhältnis des Gesamtkollektivs der vorliegenden Studie war den Erwartungen entsprechend mit einem Anteil von 47,5 % Mädchen und 52,5 % Jungen nahezu ausgeglichen. Unterschiede in der Altersverteilung konnten je nach Behandlungsort festgestellt werden. Zum Zeitpunkt der initialen Füllungstherapie betrug an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz das mittlere Alter 6,02 Jahre, der Median 5,89 Jahre. In der Mainzer Zahnarztpraxis hingegen lag das mittlere Alter bei 8,17 Jahren, der Median bei 8,66 Jahren. Ältere Kinder weisen zumeist eine bessere Compliance auf und lassen sich daher auch in einer niedergelassenen Praxis behandeln, die nicht auf Kinder spezialisiert ist. Häufig erfolgt die Überweisung an eine spezialisierte Klinik in Fällen, bei denen eine zahnärztliche Sanierung unter ITN erforderlich ist. Dies trifft vor allem auf umfangreiche Sanierungen mit Traumatisierungsgefahr des Kindes und Extraktionen bei kleinen Kindern zu (Ba'akdah et al., 2008, Karim et al., 2008, Ehlers et al., 2022). Aufgrund der schlechten Compliance bei den sehr jungen Patienten mit ECC bzw. S-ECC sind es oft diese Kinder, die unter ITN behandelt werden müssen (Burgette und Quiñonez, 2018, Oubenyahya und Bouhabba, 2019).

5.2 Geschlecht des Kindes und Haltbarkeit der Füllungen an Milchmolaren

Die Verteilung der Füllungen auf die beiden Geschlechter war in der vorliegenden Studie nahezu ausgeglichen. 51 % (n = 200) der Füllungen waren an Jungen und 49 % (n = 192) an Mädchen gelegt worden. Die statistische Analyse ergab einen statistisch signifikanten Unterschied hinsichtlich der Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren zwischen den Geschlechtern. So waren Jungen mit einem Anteil von 17 % (n = 34) häufiger von Füllungserneuerungen betroffen als Mädchen (16,1 %, n = 31). Folglich entsprach dies einer schlechteren Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren der Jungen im Vergleich zu den Mädchen. Dieses Ergebnis deckt sich mit einer Studie, die eine kürzere Haltbarkeit der Füllungen bei Jungen eines Kollektivs an Kindern mit ECC feststellen konnte (Bücher et al., 2014). Sie führten dies auf eine höhere Karieserfahrung der Jungen zurück. Ribeiro et al. (2018) stellten

für Mädchen eine geringere Versagensrate von Komposit-Füllungen an Milchzähnen fest. Sie spekulierten, dass ursächlich dafür eine höhere Motivation der Mädchen zur täglichen Zahnpflege sei. In der vorliegenden Studie war die Versagensrate der Komposit-Füllungen zwischen den Geschlechtern andersherum, auch wenn nur ein geringer Unterschied festgestellt werden konnte. Bei den Jungen wurden 9,8 % (n = 4), während bei den Mädchen 14,3 % (n = 6) der Komposit-Füllungen erneuert wurden. Allerdings wurden bei den Jungen Komposit-Füllungen teilweise zweimal erneuert, während bei den Mädchen maximal eine Erneuerung zu verzeichnen war. Die Autoren einer weiteren Studie ermittelten für Jungen eine höhere Prävalenz für ECC im anterioren Bereich verglichen mit Mädchen (Hallett und O'Rourke, 2006). Daher diskutierten sie, ob Jungen und Mädchen generell eine unterschiedliche ernährungsspezifische Erziehung genießen. Der Grund für die insgesamt schlechtere Haltbarkeit der Füllungen bei Jungen im Vergleich zu den Mädchen in der vorliegenden Studie kann nicht exakt eruiert werden. Die oben genannten Aspekte aus früheren Studien erscheinen plausibel. Eine weitere mögliche Ursache für den statistisch signifikanten Unterschied könnte die Tatsache sein, dass in der vorliegenden Studie bei den Jungen das Füllungsmaterial GIZ häufiger verwendet wurde als bei den Mädchen. GIZ hatte in der vorliegenden Studie die schlechteste Haltbarkeit verglichen mit den drei anderen Füllungsmaterialien. Daher könnte es bei der statistischen Analyse zu einer Verzerrung aufgrund der häufigeren Verwendung von GIZ bei den männlichen Patienten gekommen sein.

5.3 Füllungsflächen und Füllungslokalisierung

In der aktuellen Studie konnte kein statistisch signifikanter Einfluss der initialen Kavitätenausdehnung auf die Haltbarkeit der Füllungen festgestellt werden. Ein systematischer Review, in das 31 Studien eingeschlossen waren, ergab im Milchgebiss bei Klasse-I-Füllungen und bei Füllungen, die unter Kofferdam gelegt wurden, eine geringere jährliche Versagensrate als bei Füllungen, die größer als Klasse I waren oder ohne absolute Trockenlegung gelegt wurden (Chisini et al., 2018). Qvist et al. (2010) wiesen an Milchmolaren ein längeres Überleben für Klasse-I-Füllungen als Klasse-II-Füllungen nach. Sie schätzten für Klasse-I-Füllungen eine 75 %-ige Überlebenszeit von 5,7 Jahren und für Klasse-II-Füllungen von 3,2 Jahren (Qvist et al., 2010). In einer weiteren Studie mit Komposit-Füllungen an Milchzähnen

fanden die Autoren keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl der Füllungsflächen und der Überlebenswahrscheinlichkeit (Bücher et al., 2015). Ein- und zweiflächige Füllungen präsentierten nach einem Beobachtungszeitraum von einem Jahr ähnlich hohe Überlebenswahrscheinlichkeiten von über 85 % (Bücher et al., 2015). Pitchika et al. (2016) beobachteten, dass eine zunehmende Anzahl an Füllungsflächen verbunden mit einem jungen Patientenalter zwischen 0 und 3 Jahren bei adhäsiven Restaurationen mit einer größeren Versagensrate einhergehen. Um einen langfristigen Therapieerfolg zu erzielen, erscheint daher bei mehrflächigen Kavitäten an Milchmolaren der Einsatz von konfektionierten Kronen anstelle plastischer Füllungsmaterialien sinnvoller (Zahdan et al., 2018, Wu et al., 2021).

In der vorliegenden Studie war das Verhältnis zwischen Oberkiefer (52 %) und Unterkiefer (48 %) nahezu ausgeglichen. Die zweiten Milchmolaren wurden mit 55,9 % häufiger als die ersten Milchmolaren mit 44,1 % restauriert. Es erscheint daher wahrscheinlich, dass die zweiten Milchmolaren häufiger von Karies befallen waren als die ersten Milchmolaren. In einer niederländischen Studie aus dem Jahr 2006 konnte ebenfalls eine höhere Prävalenz von Karies an den zweiten Milchmolaren im Vergleich zu den ersten Milchmolaren festgestellt werden (Elfrink et al., 2006). Der Unterschied war für die okklusale Füllungsfläche am größten. Daher gingen die Autoren davon aus, dass entwicklungsbedingte Anomalien, wie Hypoplasien, die häufig auch bei den zweiten Milchmolaren zu beobachten sind, zu diesem Effekt beitragen.

5.4 Füllungsmaterialien

Heutzutage haben sich in der Kinderzahnheilkunde die Füllungsmaterialien GIZ, Komposit und Kompomer etabliert. Amalgam wurde aufgrund kontroverser Diskussionen zurückgedrängt und ist in Deutschland seit dem Jahr 2018 nur noch in Ausnahmefällen für Kinder unter 15 Jahren als Füllungsmaterial erlaubt (Bundeszahnärztekammer, Juni 2018). In einigen bisherigen Studien konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der klinischen Eigenschaften der verschiedenen Restaurationsmaterialien im Milchgebiss festgestellt werden (Dermata et al., 2018, Dias et al., 2018, Ehlers et al., 2019). In der vorliegenden Arbeit wurden die Füllungsmaterialien GIZ, Komposit, Flow-Komposit, darunter auch Bulk-Fill-Komposit und Kompomer untersucht. Insgesamt wurde eine Gesamtzahl von 392

Füllungen überprüft. Die Anteile der einzelnen Materialien waren ungleich verteilt. Den größten Anteil mit etwa einem Drittel bildete GIZ mit 32,7 % (n = 128). Einen ähnlich großen Anteil bildete Flow-Komposit mit 29,8 % (n = 117) der Füllungen. Etwa ein Fünftel der Füllungen bestand mit 21,2 % aus Komposit (n = 83). Im Vergleich dazu bestand ein kleiner Anteil der Füllungen mit 16,3 % aus Kompomer (n = 64). Die vorherrschende Prävalenz von GIZ und Flow-Komposit als Füllungsmaterialien lässt sich am ehesten durch deren Füllungseigenschaften erklären. GIZ bedarf keiner vorbereitenden Schritte, lässt sich einfach applizieren und kann in einem Zug verarbeitet werden. Flow-Komposit muss im Vergleich zu den stopfbaren Kompositen und Kompomeren nicht in Inkrement-Schichttechnik aufgebaut werden und lässt sich daher ebenfalls einfach applizieren. Allerdings können mit Flow-Kompositen in einem Behandlungsschritt nur 2 mm dicke Schichten appliziert werden. In der Kinderzahnheilkunde, dort vor allem bei Kindern mit kurzer Aufmerksamkeitsspanne, bestand daher der Bedarf an neuen Füllungsmaterialien, die durch ihre einfache Handhabung die Behandlungszeit verkürzen (Ehlers et al., 2019). Im Fall von Bulk-Fill-Kompositen ist ein Inkrement bis zu 4 mm möglich (Flury et al., 2012, Czasch und Ilie, 2013). Dadurch ist eine deutliche Verkürzung der Bearbeitungszeit möglich (Sarapultseva und Sarapultsev, 2019). Die in der vorliegenden Studie verwendeten Bulk-Fill-Komposite waren alle fließfähig und wurden ebenfalls zur Kategorie „Flow-Komposit“ gezählt. Diese Zusammenführung erfolgte wegen der geringen Anzahl der einzelnen Materialien. In zukünftigen Studien sollten die einzelnen Gruppen der Flow-Komposite differenziert betrachtet werden.

Als Maß für die Haltbarkeit der Füllungen wurde in der aktuellen Studie das Vorkommen von Erneuerungen der initialen Füllungen im Beobachtungszeitraum gewählt. Dabei wurde eine Erneuerung als Versagen der Füllung betrachtet, unabhängig davon, aus welchem Grund die Erneuerung stattfand. Die häufigsten Gründe für Füllungsversagen im Milchgebiss sind Sekundärkaries, gefolgt von Füllungsverlust und schlechte marginale Adaptation (Chisini et al., 2018, Gao, 2018). Es gibt zahlreiche Gründe für die Sekundärkariesentstehung in der primären Dentition (Metz et al., 2015). Dazu zählen auch technische Fehler seitens des Behandlers, wie eine inadäquate Trockenlegung. Das Alter des Kindes und somit dessen Compliance haben ebenfalls einen Einfluss auf die Prävalenz von Sekundärkaries. Weiterhin konnte auch gezeigt werden, dass Kinder, deren

ungünstige Ernährungsgewohnheiten und schlechte Mundhygiene sich nach der Füllungstherapie nicht geändert hatten, häufiger Sekundärkaries entwickelten (Metz et al., 2015). Anders als in einigen bisherigen Studien konnten in der vorliegenden Studie statistisch signifikante Unterschiede bezüglich der Haltbarkeit der untersuchten Restaurationen an Milchmolaren festgestellt werden (Alves dos Santos et al., 2010, Dermata et al., 2018, Ehlers et al., 2019). GIZ hatte in der vorliegenden Studie mit 27,3 % die meisten Füllungserneuerungen im Vergleich zu den drei anderen untersuchten Füllungsmaterialien. Komposit (12,0 %) hatte eine etwas geringere Rate an Füllungserneuerungen als Flow-Komposit (14,5 %). Kompomer wurde insgesamt am seltensten als Füllungsmaterial verwendet, wies allerdings absolut und relativ gesehen auch die geringste Rate (4,7 %) an Füllungserneuerungen auf. In der Literatur gilt GIZ mittlerweile in der Kinderzahnheilkunde als überholt und sollte nur verwendet werden, wenn die Indikationsstellung keine Verwendung von Kompositen oder Kompomeren zulässt (Hickel et al., 2005). In einer Studie aus dem Jahr 2020 konnte bei Füllungen an Milchmolaren für den GIZ „Equia“ eine schlechtere marginale Adaptation im Vergleich zu zwei Bulk-Fill-Kompositen und einem konventionellen Komposit gezeigt werden (Akman und Tosun, 2020). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine Studie, die Klasse-II-Füllungen an Milchmolaren über einen Beobachtungszeitraum von 3 Jahren evaluierte (Kupietzky et al., 2019). Die Autoren fanden für das Material Komposit eine höhere Erfolgsrate als für GIZ (Kupietzky et al., 2019). Ehlers et al. (2019) konnten bei Füllungen an Milchmolaren zwischen Bulk-Fill-Komposit und Kompomer keine statistisch signifikanten klinischen Unterschiede feststellen. Eine weitere Studie ergab an Milchmolaren keine statistisch signifikanten Unterschiede für das kumulative klinische Überleben der Materialien GIZ, Komposit und Kompomer nach 48 Monaten (Alves dos Santos et al., 2010). Übereinstimmend mit den Ergebnissen aus der vorliegenden Studie zeigte eine Studie aus dem Jahr 2021 eine größere Erfolgsrate für Kompomer im Vergleich zu GIZ bei Klasse-II-Füllungen an Milchmolaren (Gok Baba et al., 2021). Qvist et al. (2004b) verglichen die Langlebigkeit von Amalgam und GIZ als Füllungsmaterialien untereinander und kamen zu dem Schluss, dass konventionelle GIZ als Alternative zu Amalgam im Milchgebiss nicht geeignet seien, da es häufig zu Füllungsverlusten und Frakturen kommt. Daher empfahlen sie eine Verwendung von GIZ lediglich für eine kurze Dauer als Provisorium und nicht als definitives Füllungsmaterial.

5.5 Füllungserneuerung und Füllungsmaterial bei Erneuerung

In der vorliegenden Studie wurde nur an einem geringen Teil (16,6 %) der Füllungen eine Erneuerung erfasst, 83,4 % der Füllungen blieben intakt. Eine ähnliche Überlebensrate von 82,9 % ergab eine Studie, die das Überleben von Komposit-Füllungen an Milchzähnen über einen mittleren Beobachtungszeitraum von 1,3 und maximal 7 Jahren untersuchte (Pitchika et al., 2016). In der vorliegenden Studie betrug die mittlere Haltbarkeitsdauer der Füllungen bis zur ersten Erneuerung $1,44 \pm 1,17$ Jahre. In einer Studie an Kindern mit ECC hielten Komposit-Füllungen an Milchzähnen durchschnittlich 1,97 Jahre (Bücher et al., 2014). In der vorliegenden Studie wurde für die ersten und zweiten Erneuerungen GIZ als Erneuerungsmaterial der ersten Wahl, gefolgt von Flow-Komposit, verwendet. Dabei erfolgte die Erneuerung in etwa der Hälfte der Fälle mit GIZ und bei circa einem Drittel mit Flow-Komposit. Betrachtet man die Eigenschaften dieser beiden Restaurationsmaterialien, erklären sich deren Vorteile in der Kinderzahnheilkunde (Andersson-Wenckert und Sunnegårdh-Grönberg, 2006). GIZ kann ohne vorherige Vorbereitung des Zahnes, wie zum Beispiel Konditionierung, in einem Zug in die Kavität appliziert und verarbeitet werden. Es muss nicht modelliert werden und setzt zudem Fluorid frei, das karioprotektiv wirkt. Flow-Komposit bedarf zwar einer vorherigen Vorbereitung der Kavität, muss allerdings ebenso wie im Fall von GIZ weder in Inkrement-Schichttechnik geschichtet noch modelliert werden (Andersson-Wenckert und Sunnegårdh-Grönberg, 2006). Flow-Komposite werden wegen ihrer reduzierten Abriebfestigkeit nicht für großflächige posteriore Füllungen im bleibenden Gebiss empfohlen (Clelland et al., 2005). In einer Studie im Milchgebiss hingegen konnten akzeptable Ergebnisse für Klasse-I- und Klasse-II-Füllungen mit Flow-Komposit an Milchmolaren gezeigt werden (Bücher et al., 2017). Allerdings nahm die Überlebenswahrscheinlichkeit der Füllungen mit Zunahme der Defektgröße ab (Bücher et al., 2017). Fließfähige Bulk-Fill-Komposite, die in der vorliegenden Studie ebenfalls zu den Flowables gezählt wurden, können zudem bis zu einer Schichtdicke von 4 mm appliziert werden. Somit ermöglichen beide Materialien durch die einfache und schnelle Verarbeitung eine enorme Zeitersparnis. Vor allem bei Kindern, die bereits eine Füllungstherapie hinter sich gebracht haben, ist es wichtig, sie bei einer Erneuerung nicht unnötig lange zu strapazieren, um nicht einen Verlust der Compliance des Kindes zu riskieren. Dabei sollte nicht die perfekte Restauration im

Vordergrund stehen, sondern eine Versorgung des Milchzahnes, die möglichst bis zur physiologischen Exfoliation erhalten bleibt (Qvist et al., 2010, Agarwal et al., 2018).

5.6 Behandlungsort und Behandlungsmethode

Die Anzahl der Füllungen, die in der vorliegenden Studie den Einschlusskriterien entsprach ($n = 392$), war jeweils in den beiden Behandlungsorten Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz mit 51,8 % ($n = 203$) und der Mainzer Zahnarztpraxis mit 48,2 % ($n = 189$) ähnlich. In der Mainzer Zahnarztpraxis gab es mit einem Anteil von 14,3 % ($n = 27$) insgesamt weniger Füllungen, die erneuert wurden, als an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (18,7 %, $n = 38$). Ebenso die Häufigkeit der Füllungserneuerungen war in der Mainzer Zahnarztpraxis niedriger. Während an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz Füllungen zwischen einmal und mehr als zweimal erneuert werden mussten, erfolgten in der Mainzer Zahnarztpraxis maximal zwei Erneuerungen. Die Ursache hierfür könnte zum einen daran liegen, dass an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz viele Kinder mit ECC behandelt wurden. Diese waren durch ihr junges Patientenalter im Anschluss an die Initialtherapie im Beobachtungszeitraum durchschnittlich für eine längere Dauer zur Kontrolle erschienen als ältere Kinder. Zum anderen könnte ein weiterer Einflussfaktor sein, dass in der Mainzer Zahnarztpraxis nur zwei Behandler im Beobachtungszeitraum tätig waren, die eine vergleichbare langjährige Berufserfahrung aufwiesen. An der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz hingegen führten mehr als zwei Behandler mit vermutlich unterschiedlicher Berufserfahrung die Füllungstherapien durch. Eine wichtige Rolle scheinen Kenntnisse und Fachkompetenzen auf dem Gebiet der Kinderzahnheilkunde seitens des Behandlers zu spielen. So konnte in Studien gezeigt werden, dass die Berufserfahrung und Fähigkeiten in der Kinderzahnheilkunde eine wichtige Bedeutung für das Überleben von Füllungen im Milchgebiss haben und diese in positiver Weise beeinflussen (Qvist et al., 2004a,

Bücher et al., 2015). Dabei ist neben den praktischen Kenntnissen des Behandlers eine kindgerechte psychologische Verhaltensführung von entscheidender Relevanz für die Therapie.

Bei der genauen Betrachtung der Füllungsmaterialien der initialen Füllungstherapie wurden geschlechts-, orts- und methodenspezifische Unterschiede in der vorliegenden Untersuchung ersichtlich. An der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz war die relative Häufigkeit der einzelnen Materialien bei der konventionellen Behandlung am Patientenstuhl sehr unterschiedlich. Dies kann einerseits auf die häufig wechselnden Behandler mit unterschiedlicher Erfahrung und Präferenzen bezüglich des Materials, andererseits auch auf die Besonderheiten einer Universitätsklinik zurückgeführt werden. Die meisten Behandler in der Kinderzahnheilkunde tendieren zwar dazu, sich auf wenige Hersteller, die sie kennen und routiniert verwenden können, zu beschränken, an Universitätskliniken werden allerdings im Laufe der Jahre Materialien häufig durch neuere Produkte ersetzt und Neuerscheinungen, teils im Rahmen von Studien, ausprobiert (Qvist et al., 2010). Bei der Sanierung unter ITN hingegen erfolgte ausschließlich die Verwendung der Materialien Kompomer und Flow-Komposit bereits etablierter Hersteller. Durch die optimale Ruhigstellung der Kinder war eine adäquate Trockenlegung möglich, wodurch auf GIZ als Füllungsmaterial verzichtet werden konnte. Die ITN-Behandlungen wurden in der Regel von wenigen Behandlern mit langjähriger Erfahrung durchgeführt, die die von ihnen präferierten Materialien verwendeten. In der Mainzer Zahnarztpraxis waren GIZ und Komposit die dominierenden Füllungsmaterialien. Kompomer und Flow-Komposit machten nur einen sehr geringen Anteil aus. Daher lässt sich ableiten, dass die dortigen Behandler die Materialien Komposit und GIZ präferierten. Weiterhin erfolgte in der Mainzer Zahnarztpraxis nur eine konventionelle Behandlung am Patientenstuhl aufgrund fehlender Möglichkeiten zur ITN. Daher mussten unkooperative Kinder mit einem Füllungsmaterial mit einer schnellen Bearbeitungszeit versorgt werden. Dies könnte die häufige Verwendung von GIZ erklären. Insgesamt war in der Mainzer Zahnarztpraxis eine statistisch signifikante bessere Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren verglichen mit der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz festzustellen. Eine

mögliche Ursache hierfür könnte das Alter des Patientenkollektivs sein. Durch das höhere Durchschnittsalter der Kinder hatten weniger Kinder ECC und es lag eine geringere Komplexität der Patientenfälle in der Mainzer Zahnarztpraxis vor. Es sind auch geographische Unterschiede festzuhalten. Die Mainzer Zahnarztpraxis ist in einem Mainzer Vorort mit einer vermutlich eher lokalen Patientenstruktur ansässig. Im Gegensatz dazu ist die Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz als regionales Versorgungszentrum relativ zentral in Mainz lokalisiert und empfängt Patienten aus allen Teilen der Stadt und darüber hinaus aus der Region Mainz-Bingen. Bedeutend ist dabei, dass es sich bei der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz um die einzige Universitätsklinik im Bundesland Rheinland-Pfalz handelt. Dies bedingt für Patienten unter Umständen lange Anfahrten und somit eventuell eine geringere Bereitschaft, regelmäßige Nachkontrolltermine wahrzunehmen (Ehlers et al., 2022). Im Rahmen von Nachkontrollen durchgeführte Maßnahmen, wie die Erhebung des Mundhygienestatus, die Mundgesundheitsaufklärung und die lokale Fluoridierung, könnten sich jedoch positiv auf die Haltbarkeit der Füllungen auswirken und sind daher von Bedeutung.

In der vorliegenden Studie wurden an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz 36,5 % (n = 74) der Füllungen unter ITN gelegt. Bei einem großen Anteil von 94,6 % (n = 70) dieser Füllungen wurde im Beobachtungszeitraum keine Erneuerung durchgeführt. Bei der konventionellen Behandlung am Patientenstuhl an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz war der Anteil der Füllungen, die nicht erneuert wurden mit 73,6 % (n = 95) deutlich schlechter. Lediglich bei 4,1 % (n = 3) der Füllungen, die unter ITN inseriert wurden, erfolgte eine und bei 1,4 % (n = 1) zwei Erneuerungen. Im Gegensatz zu den Füllungen, die am Patientenstuhl gelegt wurden, waren bei der Behandlung unter ITN in keinem der Fälle mehr als zwei Erneuerungen vorgenommen worden. Somit konnte bei der Behandlungsmethode ITN ein positiver Einfluss auf die Haltbarkeit der Füllungen an den Milchmolaren festgestellt werden. Dieser Zusammenhang war statistisch signifikant. Die Sanierung unter ITN führte zu einer besseren Haltbarkeit mit insgesamt weniger Erneuerungen sowie einer geringeren Häufigkeit an Füllungserneuerungen als bei der Behandlung am

Patientenstuhl. Ein möglicher Grund für diesen Trend könnte die Tatsache sein, dass die Sedierung in ITN dem Behandler ein ideales Behandlungssetting ohne jegliche Störungen durch den Patienten bietet. Es bedarf bei der Sanierung unter ITN keiner Kooperation des Patienten, welche vor allem bei Kindern mit ECC fehlt (Jankauskiené et al., 2013). In Studien wurde beschrieben, dass zahnärztliche Behandlungen unter ITN, besonders bei ECC, eine bessere Qualität und Haltbarkeit aufweisen als konventionelle Behandlungen am Patientenstuhl oder unter moderater Sedierung (Forsyth et al., 2012, Ramazani, 2016). Eine weitere Studie zeigte bei Kindern, die Milchzahnfüllungen ohne jegliche Form von Sedierung erhalten hatten, eine geringere Überlebensrate (Bücher et al., 2015). Somit kann resümiert werden, dass eine zahnärztliche Behandlung bei Kindern unter ITN zwar aufgrund des nicht außer Acht zu lassenden Narkoserisikos kritisch abgewägt werden sollte, jedoch zu besseren Ergebnissen bezüglich Qualität und Überleben der Füllungen führt (Oubenyahya und Bouhabba, 2019, Ehlers et al., 2022). Es ist festzuhalten, dass an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz insgesamt eine gute Haltbarkeit von 81,3 % (n = 165) erreicht werden konnte, diese jedoch durch die Fälle, die unter ITN behandelt worden waren, beeinflusst wurde.

6 Zusammenfassung

Trotz der rückläufigen Prävalenz von Karies stellt Karies bei Kindern ein ernsthaftes Problem dar. Die Füllungstherapie gilt als Therapie der Wahl. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Haltbarkeit der Füllungsmaterialien Komposit, Flow-Komposit, Kompomer und GIZ an Milchmolaren zu evaluieren. Im Rahmen dessen erfolgte die retrospektive Datenauswertung von 139 Kindern, die mindestens eine von insgesamt 392 Füllungen erhalten hatten. Die Behandlung war entweder an der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz oder in einer Mainzer Zahnarztpraxis erfolgt. Es konnte ein statistisch signifikanter Unterschied hinsichtlich der Haltbarkeit der verschiedenen Füllungsmaterialien an den Milchmolaren festgestellt werden ($p = 0,01$). Kompomer wies die beste Haltbarkeit auf, daran schlossen Komposit und Flow-Komposit, GIZ hatte die schlechteste Haltbarkeit. Gleichzeitig hatte Kompomer mit 4,7 % ($n = 3$) die geringste Rate an Füllungserneuerungen und GIZ mit 27,3 % ($n = 35$) die höchste. Ein Großteil der Füllungen mit 83,4 % ($n = 327$) innerhalb des Kollektivs wurde im Beobachtungszeitraum nicht erneuert. Die Ausdehnung der Defekte stand in keinem signifikanten Zusammenhang zur Haltbarkeit der Füllungen ($p = 0,121$). Weiterhin beeinflusste die Behandlungsmethode ITN vermutlich durch das optimale Behandlungssetting ohne Störfaktoren die Haltbarkeit der Füllungen in statistisch signifikanter Weise positiv ($p = 0,02$). Die initial gelegten Füllungen, die im Beobachtungszeitraum mindestens einmal erneuert wurden, hatten bis zur ersten Erneuerung eine mittlere Haltbarkeitsdauer von 1,44 Jahren. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Kompomer als Füllungsmaterial für das Milchgebiss geeignet ist. Fließfähige Komposite waren in ihrer Haltbarkeit nur geringfügig schlechter als die stopfbaren Komposite. GIZ kann, basierend auf den Ergebnissen eher als provisorische Alternative empfohlen werden.

7 Literaturverzeichnis

- AAPD 2021. American Academy of Pediatric Dentistry. Policy on Early Childhood Caries (ECC): Consequences and preventive Strategies. The Reference Manual of Pediatric Dentistry. Chicago. *Pediatr Dent*, III, 81-4.
- ABOU NEEL, E. A., ALJABO, A., STRANGE, A., IBRAHIM, S., COATHUP, M., YOUNG, A. M., BOZEC, L. & MUDERA, V. 2016. Demineralization-remineralization dynamics in teeth and bone. *Int J Nanomedicine*, 11, 4743-4763.
- AGARWAL, P., NAYAK, R. & ELANGO VAN, G. 2018. A Predictable Aesthetic Rehabilitation of Deciduous Anterior Teeth in Early Childhood Caries. *Case Rep Dent*, 2018, 1742529.
- AGRAWAL, R., KHANDUJA, R., SINGHAL, M., GUPTA, S. & KAUSHIK, M. 2022. Clinical Evaluation of Stainless Steel Crown versus Zirconia Crown in Primary Molars: An In Vivo Study. *Int J Clin Pediatr Dent*, 15, 15-19.
- AHN, S. J., DEEP, K., TURNER, M. E., ISHKOV, I., WATERS, A., HAGEN, S. J. & RICE, K. C. 2019. Characterization of LrgAB as a stationary phase-specific pyruvate uptake system in *Streptococcus mutans*. *BMC Microbiol*, 19, 223.
- AHOVUO-SALORANTA, A., FORSS, H., WALSH, T., NORDBLAD, A., MÄKELÄ, M. & WORTHINGTON, H. V. 2017. Pit and fissure sealants for preventing dental decay in permanent teeth. *Cochrane Database Syst Rev*, 7, Cd001830.
- AHOVUO-SALORANTA, A., HIIRI, A., NORDBLAD, A., WORTHINGTON, H. & MÄKELÄ, M. 2004. Pit and fissure sealants for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, Cd001830.
- AKMAN, H. & TOSUN, G. 2020. Clinical evaluation of bulk-fill resins and glass ionomer restorative materials: A 1-year follow-up randomized clinical trial in children. *Niger J Clin Pract*, 23, 489-497.
- ALMUHAIZA, M. 2016. Glass-ionomer Cements in Restorative Dentistry: A Critical Appraisal. *J Contemp Dent Pract*, 17, 331-6.
- ALRASHDI, M., ARDOIN, J. & LIU, J. A. 2022. Zirconia crowns for children: A systematic review. *Int J Paediatr Dent*, 32, 66-81.
- ALTOUKHI, D. H. & EL-HOUSSEINY, A. A. 2020. Hall Technique for Carious Primary Molars: A Review of the Literature. *Dent J (Basel)*, 8.
- ALVES DOS SANTOS, M. P., LUIZ, R. R. & MAIA, L. C. 2010. Randomised trial of resin-based restorations in Class I and Class II beveled preparations in primary molars: 48-month results. *J Dent*, 38, 451-9.
- ALVIM, H. H., ALECIO, A. C., VASCONCELLOS, W. A., FURLAN, M., DE OLIVEIRA, J. E. & SAAD, J. R. 2007. Analysis of camphorquinone in composite resins as a function of shade. *Dent Mater*, 23, 1245-9.
- AMEND, S. & KRÄMER, N. 2022. Kariesmanagement mit Silberdiaminfluorid - eine Literaturübersicht. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde*, 44, 20-27.
- AMEND, S., SEREMIDI, K., KLOUKOS, D., BEKES, K., FRANKENBERGER, R., GIZANI, S. & KRÄMER, N. 2022. Clinical Effectiveness of Restorative Materials for the Restoration of Carious Primary Teeth: An Umbrella Review. *J Clin Med*, 11.
- AMINABADI, N. A., ASL AMINABADI, N., JAMALI, Z. & SHIRAZI, S. 2020. Primary tooth pulpectomy overfilling by different placement techniques: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 14, 250-261.

- AMLANI, D. V. & BRIZUELA, M. 2022. Stainless Steel Crowns In Primary Dentition. *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2022, StatPearls Publishing LLC.
- ANDERSON, C. A., CURZON, M. E., VAN LOVEREN, C., TATSI, C. & DUGGAL, M. S. 2009. Sucrose and dental caries: a review of the evidence. *Obes Rev*, 10 Suppl 1, 41-54.
- ANDERSSON-WENCKERT, I. & SUNNEGÅRDH-GRÖNBERG, K. 2006. Flowable resin composite as a class II restorative in primary molars: A two-year clinical evaluation. *Acta Odontol Scand*, 64, 334-40.
- ANIL, S. & ANAND, P. S. 2017. Early Childhood Caries: Prevalence, Risk Factors, and Prevention. *Front Pediatr*, 5, 157.
- ANSARI, G., MOROVATI, S. P. & ASGARY, S. 2018. Evaluation of Four Pulpotomy Techniques in Primary Molars: A Randomized Controlled Trial. *Iran Endod J*, 13, 7-12.
- ASKAR, H., KROIS, J., GÖSTEMEYER, G., BOTTENBERG, P., ZERO, D., BANERJEE, A. & SCHWENDICKE, F. 2020. Secondary caries: what is it, and how it can be controlled, detected, and managed? *Clin Oral Investig*, 24, 1869-1876.
- ASMUSSEN, E. & PEUTZFELDT, A. 2002. Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer, and from experimental resin composites. *Acta Odontol Scand*, 60, 93-7.
- AXELSSON, P. 2006. The effect of a needs-related caries preventive program in children and young adults - results after 20 years. *BMC Oral Health*, 6 Suppl 1, S7.
- AYDINOĞLU, A. & YORUÇ, A. B. H. 2017. Effects of silane-modified fillers on properties of dental composite resin. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 79, 382-389.
- BA'AKDAH, R., FARSI, N., BOKER, A. & AL MUSHAYT, A. 2008. The use of general anesthesia in pediatric dental care of children at multi-dental centers in Saudi Arabia. *J Clin Pediatr Dent*, 33, 147-53.
- BAHSI, E., SAGMAK, S., DAYI, B., CELLIK, O. & AKKUS, Z. 2019. The evaluation of microleakage and fluoride release of different types of glass ionomer cements. *Niger J Clin Pract*, 22, 961-970.
- BALDISSERA, R. A., CORRÊA, M. B., SCHUCH, H. S., COLLARES, K., NASCIMENTO, G. G., JARDIM, P. S., MORAES, R. R., OPDAM, N. J. & DEMARCO, F. F. 2013. Are there universal restorative composites for anterior and posterior teeth? *J Dent*, 41, 1027-35.
- BANAS, J. A. 2004. Virulence properties of *Streptococcus mutans*. *Front Biosci*, 9, 1267-77.
- BANSAL, D. & MAHAJAN, M. 2017. Comparative evaluation of different periods of enamel microabrasion on the microleakage of class V resin-modified glass ionomer and compomer restorations: An In vitro study. *Indian J Dent Res*, 28, 675-680.
- BANSAL, R. & BANSAL, T. 2015. A Comparative Evaluation of the Amount of Fluoride Release and Re-Release after Recharging from Aesthetic Restorative Materials: An in vitro Study. *J Clin Diagn Res*, 9, Zc11-4.
- BARDOW, A., MOE, D., NYVAD, B. & NAUNTOFTE, B. 2000. The buffer capacity and buffer systems of human whole saliva measured without loss of CO₂. *Arch Oral Biol*, 45, 1-12.

- BAROUDI, K. & RODRIGUES, J. C. 2015. Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations. *J Clin Diagn Res*, 9, Ze18-24.
- BELLINGER, D. C., TRACHTENBERG, F., BARREGARD, L., TAVARES, M., CERNICHIARI, E., DANIEL, D. & MCKINLAY, S. 2006. Neuropsychological and renal effects of dental amalgam in children: a randomized clinical trial. *Jama*, 295, 1775-83.
- BELLINI, H. T., ARNEBERG, P. & VON DER FEHR, F. R. 1981. Oral hygiene and caries. A review. *Acta Odontol Scand*, 39, 257-65.
- BENCZE, Z., MAHROUSEH, N., ANDRADE, C. A. S., KOVÁCS, N. & VARGA, O. 2021. The Burden of Early Childhood Caries in Children under 5 Years Old in the European Union and Associated Risk Factors: An Ecological Study. *Nutrients*, 13.
- BENIASH, E., STIFLER, C. A., SUN, C. Y., JUNG, G. S., QIN, Z., BUEHLER, M. J. & GILBERT, P. 2019. The hidden structure of human enamel. *Nat Commun*, 10, 4383.
- BENJAMIN, R. M. 2010. Oral health: the silent epidemic. *Public Health Rep*, 125, 158-9.
- BENZIAN, H. & LISTL, S. 2021. Globale Mundgesundheitspolitik im internationalen gesundheitspolitischen Rampenlicht – Herausforderungen und neue Chancen für nachhaltige Verbesserungen [Global oral health in the international health policy spotlight-challenges and new opportunities for sustainable improvement]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 64, 871-878.
- BERG, B., CREMER, M., FLOTHKÖTTER, M., KOLETZKO, B., KRÄMER, N., KRAWINKEL, M., LAWRENZ, B., PRZYREMBEL, H., SCHIFFNER, U., SPLIETH, C., VETTER, K. & WEISSENBOR, A. 2021. Kariesprävention im Säuglings- und frühen Kindesalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 169, 550-558.
- BERNABE, E., MARCENES, W., HERNANDEZ, C. R., BAILEY, J., ABREU, L. G., ALIPOUR, V., AMINI, S., ARABLOO, J., AREFI, Z., ARORA, A., AYANORE, M. A., BÄRNIGHAUSEN, T. W., BIJANI, A., CHO, D. Y., CHU, D. T., CROWE, C. S., DEMOZ, G. T., DEMSIE, D. G., DIBAJI FOROOSHANI, Z. S., DU, M., EL TANTAWI, M., FISCHER, F., FOLAYAN, M. O., FUTRAN, N. D., GERAMO, Y. C. D., HAJ-MIRZAIAN, A., HARIYANI, N., HASANZADEH, A., HASSANIPOUR, S., HAY, S. I., HOLE, M. K., HOSTIUC, S., ILIC, M. D., JAMES, S. L., KALHOR, R., KEMMER, L., KERAMATI, M., KHADER, Y. S., KISA, S., KISA, A., KOYANAGI, A., LALLOO, R., LE NGUYEN, Q., LONDON, S. D., MANOHAR, N. D., MASSENBURG, B. B., MATHUR, M. R., MELES, H. G., MESTROVIC, T., MOHAMMADIAN-HAFSHEJANI, A., MOHAMMADPOURHODKI, R., MOKDAD, A. H., MORRISON, S. D., NAZARI, J., NGUYEN, T. H., NGUYEN, C. T., NIXON, M. R., OLAGUNJU, T. O., PAKSHIR, K., PATHAK, M., RABIEE, N., RAFIEI, A., RAMEZANZADEH, K., RIOS-BLANCAS, M. J., RORO, E. M., SABOUR, S., SAMY, A. M., SAWHNEY, M., SCHWENDICKE, F., SHAAHMADI, F., SHAIKH, M. A., STEIN, C., TOVANI-PALONE, M. R., TRAN, B. X., UNNIKRIISHNAN, B., VU, G. T., VUKOVIC, A., WAROUW, T. S. S., ZAIDI, Z., ZHANG, Z. J. & KASSEBAUM, N. J. 2020. Global, Regional, and National Levels and Trends in Burden of Oral Conditions from 1990 to 2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease 2017 Study. *J Dent Res*, 99, 362-373.

- BERZINS, D. W., ABEY, S., COSTACHE, M. C., WILKIE, C. A. & ROBERTS, H. W. 2010. Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. *J Dent Res*, 89, 82-6.
- BEZERRA, I. M., BRITO, A. C. M., DE SOUSA, S. A., SANTIAGO, B. M., CAVALCANTI, Y. W. & DE ALMEIDA, L. F. D. 2020. Glass ionomer cements compared with composite resin in restoration of noncarious cervical lesions: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 6, e03969.
- BOUSIOUKI, C., FRANKENBERGER, R. & KRÄMER, N. 2021. Clinical and radiographic success of (partial) pulpotomy and pulpectomy in primary teeth: A systematic review. *Eur J Paediatr Dent*, 22, 273-285.
- BOWEN, R. L. 1963. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc*, 66, 57-64.
- BOWEN, W. H. 2002. Do we need to be concerned about dental caries in the coming millennium? *Crit Rev Oral Biol Med*, 13, 126-31.
- BOWEN, W. H. 2013. The Stephan Curve revisited. *Odontology*, 101, 2-8.
- BRADSHAW, D. J., MCKEE, A. S. & MARSH, P. D. 1990. Prevention of population shifts in oral microbial communities in vitro by low fluoride concentrations. *J Dent Res*, 69, 436-41.
- BROWN, L. J. & SELWITZ, R. H. 1995. The impact of recent changes in the epidemiology of dental caries on guidelines for the use of dental sealants. *J Public Health Dent*, 55, 274-91.
- BÜCHER, K., METZ, I., PITCHIKA, V., HICKEL, R. & KÜHNISCH, J. 2015. Survival characteristics of composite restorations in primary teeth. *Clin Oral Investig*, 19, 1653-62.
- BÜCHER, K., METZ, I., PITCHIKA, V., HICKEL, R. & KÜHNISCH, J. 2017. Flowable composite as a direct restoration technique for primary molars. *Eur J Paediatr Dent*, 18, 243-246.
- BÜCHER, K., TAUTZ, A., HICKEL, R. & KÜHNISCH, J. 2014. Longevity of composite restorations in patients with early childhood caries (ECC). *Clin Oral Investig*, 18, 775-82.
- BUERKLE, V., KUEHNISCH, J., GUELMANN, M. & HICKEL, R. 2005. Restoration materials for primary molars-results from a European survey. *J Dent*, 33, 275-81.
- BUNDESZAHNÄRZTEKAMMER Juni 2018. EU-Quecksilberverordnung Verordnung (EU) 2017/852.
- BURGETTE, J. M. & QUIÑONEZ, R. B. 2018. Cost-effectiveness of Treating Severe Childhood Caries under General Anesthesia versus Conscious Sedation. *JDR Clin Trans Res*, 3, 336-345.
- BURKE, F. J., FLEMING, G. J., OWEN, F. J. & WATSON, D. J. 2002. Materials for restoration of primary teeth: 2. Glass ionomer derivatives and compomers. *Dent Update*, 29, 10-4, 16-7.
- BURKE, F. J., SIDONS, C., CRIPPS, S., BARDHA, J., CRISP, R. J. & DOPHEIDE, B. 2007. Clinical performance of reinforced glass ionomer restorations placed in UK dental practices. *Br Dent J*, 203, E2; discussion 40-1.
- BURKE, F. M., RAY, N. J. & MCCONNELL, R. J. 2006. Fluoride-containing restorative materials. *Int Dent J*, 56, 33-43.
- CARLETTO-KÖRBER, F. P., GONZÁLEZ-ITTIG, R. E., JIMÉNEZ, M. G. & CORNEJO, L. S. 2010. Initial acquisition and genetic identity of *Streptococcus mutans* of mother-child Pairs. *Pediatr Dent*, 32, 205-11.

- CARVALHO, J. C., DIGE, I., MACHIULSKIENE, V., QVIST, V., BAKHSHANDEH, A., FATTURI-PAROLO, C. & MALTZ, M. 2016. Occlusal Caries: Biological Approach for Its Diagnosis and Management. *Caries Res*, 50, 527-542.
- CAUFIELD, P. W., CUTTER, G. R. & DASANAYAKE, A. P. 1993. Initial acquisition of mutans streptococci by infants: evidence for a discrete window of infectivity. *J Dent Res*, 72, 37-45.
- CHADWICK, B. L. & EVANS, D. J. 2007. Restoration of class II cavities in primary molar teeth with conventional and resin modified glass ionomer cements: a systematic review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent*, 8, 14-21.
- CHANDRASEKHAR, V., RUDRAPATI, L., BADAMI, V. & TUMMALA, M. 2017. Incremental techniques in direct composite restoration. *J Conserv Dent*, 20, 386-391.
- CHEAIB, Z. & LUSSI, A. 2013. Role of amylase, mucin, IgA and albumin on salivary protein buffering capacity: a pilot study. *J Biosci*, 38, 259-65.
- CHEN, M. H. 2010. Update on dental nanocomposites. *J Dent Res*, 89, 549-60.
- CHENICHERI, S., R, U., RAMACHANDRAN, R., THOMAS, V. & WOOD, A. 2017. Insight into Oral Biofilm: Primary, Secondary and Residual Caries and Phyto-Challenged Solutions. *Open Dent J*, 11, 312-333.
- CHISINI, L. A., COLLARES, K., CADEMARTORI, M. G., DE OLIVEIRA, L. J. C., CONDE, M. C. M., DEMARCO, F. F. & CORRÊA, M. B. 2018. Restorations in primary teeth: a systematic review on survival and reasons for failures. *Int J Paediatr Dent*, 28, 123-139.
- CHO, S. Y. & CHENG, A. C. 1999. A review of glass ionomer restorations in the primary dentition. *J Can Dent Assoc*, 65, 491-5.
- CHOUR, R. G., MODA, A., ARORA, A., ARAFATH, M. Y., SHETTY, V. K. & RISHAL, Y. 2016. Comparative evaluation of effect of different polishing systems on surface roughness of composite resin: An in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent*, 6, S166-70.
- CLARK, L., WELLS, M. H., HARRIS, E. F. & LOU, J. 2016. Comparison of Amount of Primary Tooth Reduction Required for Anterior and Posterior Zirconia and Stainless Steel Crowns. *Pediatr Dent*, 38, 42-6.
- CLELLAND, N. L., PAGNOTTO, M. P., KERBY, R. E. & SEGHI, R. R. 2005. Relative wear of flowable and highly filled composite. *J Prosthet Dent*, 93, 153-7.
- COLAK, H., DÜLGERGIL, C. T., DALLI, M. & HAMIDI, M. M. 2013. Early childhood caries update: A review of causes, diagnoses, and treatments. *J Nat Sci Biol Med*, 4, 29-38.
- COLL, J. A. & SADRIAN, R. 1996. Predicting pulpectomy success and its relationship to exfoliation and succedaneous dentition. *Pediatr Dent*, 18, 57-63.
- CROSS, S. E., KRETH, J., WALI, R. P., SULLIVAN, R., SHI, W. & GIMZEWSKI, J. K. 2009. Evaluation of bacteria-induced enamel demineralization using optical profilometry. *Dent Mater*, 25, 1517-26.
- CUNHA-CRUZ, J., SCOTT, J., ROTHEN, M., MANCL, L., LAWHORN, T., BROSEL, K. & BERG, J. 2013. Salivary characteristics and dental caries: evidence from general dental practices. *J Am Dent Assoc*, 144, e31-40.
- CURY, J. A. & TENUTA, L. M. 2009. Enamel remineralization: controlling the caries disease or treating early caries lesions? *Braz Oral Res*, 23 Suppl 1, 23-30.
- CZASCH, P. & ILIE, N. 2013. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig*, 17, 227-35.

- DASHPER, S. G. & REYNOLDS, E. C. 1996. Lactic acid excretion by *Streptococcus mutans*. *Microbiology (Reading)*, 142, 33-39.
- DEINZER, R., CORDES, O., WEBER, J., HASSEBRAUCK, L., WEIK, U., KRÄMER, N., PIEPER, K. & MARGRAF-STIKSRUD, J. 2019. Toothbrushing behavior in children - an observational study of toothbrushing performance in 12 year olds. *BMC Oral Health*, 19, 68.
- DERMATA, A., PAPAGEORGIOU, S. N., FRAGKOU, S. & KOTSANOS, N. 2018. Comparison of resin modified glass ionomer cement and composite resin in class II primary molar restorations: a 2-year parallel randomised clinical trial. *Eur Arch Paediatr Dent*, 19, 393-401.
- DERMATA, A., PAPAGEORGIOU, S. N. & KOTSANOS, N. 2021. Three-year performance of a nano-filled resin-modified glass ionomer cement in class II primary molar restorations. *Eur Arch Paediatr Dent*, 22, 425-432.
- DEROUEN, T. A., MARTIN, M. D., LEROUX, B. G., TOWNES, B. D., WOODS, J. S., LEITÃO, J., CASTRO-CALDAS, A., LUIS, H., BERNARDO, M., ROSENBAUM, G. & MARTINS, I. P. 2006. Neurobehavioral effects of dental amalgam in children: a randomized clinical trial. *Jama*, 295, 1784-92.
- DIAS, A. G. A., MAGNO, M. B., DELBEM, A. C. B., CUNHA, R. F., MAIA, L. C. & PESSAN, J. P. 2018. Clinical performance of glass ionomer cement and composite resin in Class II restorations in primary teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*, 73, 1-13.
- DIEZ-GARCÍA, S., SÁNCHEZ-MARTÍN, M. J. & VALIENTE, M. 2022. The power of weak ion-exchange resins assisted by amelogenin for natural remineralization of dental enamel: an in vitro study. *Odontology*.
- DONLY, K. J. & GARCÍA-GODOY, F. 2002. The use of resin-based composite in children. *Pediatr Dent*, 24, 480-8.
- DOWD, F. J. 1999. Saliva and dental caries. *Dent Clin North Am*, 43, 579-97.
- DU, Q., FU, M., ZHOU, Y., CAO, Y., GUO, T., ZHOU, Z., LI, M., PENG, X., ZHENG, X., LI, Y., XU, X., HE, J. & ZHOU, X. 2020. Sucrose promotes caries progression by disrupting the microecological balance in oral biofilms: an in vitro study. *Sci Rep*, 10, 2961.
- DUA, S., MACLEAN, M. J., FITZGERALD, M., MCANOY, A. M. & BOWIE, J. H. 2006. Is the hypothiocyanite anion (OSCN)- the major product in the peroxidase catalyzed oxidation of the thiocyanate anion (SCN)-? A joint experimental and theoretical study. *J Phys Chem A*, 110, 4930-6.
- DURUK, G., AKKÜÇ, S. & UĞUR, Y. 2022. Evaluation of residual monomer release after polymerization of different restorative materials used in pediatric dentistry. *BMC Oral Health*, 22, 232.
- EBRAHIMI, M., AJAMI, B. A., SARRAF SHIRAZI, A. R., AFZAL AGHAEI, M. & RASHIDI, S. 2010. Dental treatment needs of permanent first molars in mashhad schoolchildren. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 4, 52-5.
- EHLERS, V., CALLAWAY, A., PATYNA, M., PELKNER, A., AZRAK, B. & DESCHNER, J. 2022. Oral Health of Children One to Six Years after Dental Treatment under General Anaesthesia. *Journal of Clinical Medicine*, 11, 3676.
- EHLERS, V., ERNST, C. P. & WILLERSHAUSEN, B. 2013. Bulk-Flow Restoration in the Primary Dentition - a Case Report. *Annual Meeting of the IADR Continental European Division 2013*. Florence, Italy.
- EHLERS, V., GRAN, K., CALLAWAY, A., AZRAK, B. & ERNST, C. P. 2019. One-year Clinical Performance of Flowable Bulk-fill Composite vs Conventional Compomer Restorations in Primary Molars. *J Adhes Dent*, 21, 247-254.

- ELFRINK, M. E., VEERKAMP, J. S. & KALSBECK, H. 2006. Caries pattern in primary molars in Dutch 5-year-old children. *Eur Arch Paediatr Dent*, 7, 236-40.
- ELLAKWA, A., CHO, N. & LEE, I. B. 2007. The effect of resin matrix composition on the polymerization shrinkage and rheological properties of experimental dental composites. *Dent Mater*, 23, 1229-35.
- ERSIN, N. K., CANDAN, U., AYKUT, A., ONÇAĞ, O., ERONAT, C. & KOSE, T. 2006. A clinical evaluation of resin-based composite and glass ionomer cement restorations placed in primary teeth using the ART approach: results at 24 months. *J Am Dent Assoc*, 137, 1529-36.
- FARIDI, M. A., KHABEER, A. & HAROON, S. 2018. Flexural Strength of Glass Carbomer Cement and Conventional Glass Ionomer Cement Stored in Different Storage Media over Time. *Med Princ Pract*, 27, 372-377.
- FEATHERSTONE, J. D. 1999. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol*, 27, 31-40.
- FEILZER, A. J. & DAUVILLIER, B. S. 2003. Effect of TEGDMA/BisGMA ratio on stress development and viscoelastic properties of experimental two-paste composites. *J Dent Res*, 82, 824-8.
- FEJERSKOV, O. 1997. Concepts of dental caries and their consequences for understanding the disease. *Community Dent Oral Epidemiol*, 25, 5-12.
- FERRACANE, J. L. 2011. Resin composite--state of the art. *Dent Mater*, 27, 29-38.
- FERRACANE, J. L. & LAWSON, N. C. 2021. Probing the hierarchy of evidence to identify the best strategy for placing class II dental composite restorations using current materials. *J Esthet Restor Dent*, 33, 39-50.
- FLOYD, C. J. & DICKENS, S. H. 2006. Network structure of Bis-GMA- and UDMA-based resin systems. *Dent Mater*, 22, 1143-9.
- FLURY, S., HAYOZ, S., PEUTZFELDT, A., HÜSLER, J. & LUSI, A. 2012. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater*, 28, 521-8.
- FORSS, H., SEPPÄ, L. & LAPPALAINEN, R. 1991. In vitro abrasion resistance and hardness of glass-ionomer cements. *Dent Mater*, 7, 36-9.
- FORSSTEN, S. D., BJÖRKLUND, M. & OUWEHAND, A. C. 2010. Streptococcus mutans, caries and simulation models. *Nutrients*, 2, 290-8.
- FORSTEN, L. 1998. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*, 19, 503-8.
- FORSYTH, A. R., SEMINARIO, A. L., SCOTT, J., BERG, J., IVANOVA, I. & LEE, H. 2012. General anesthesia time for pediatric dental cases. *Pediatr Dent*, 34, 129-35.
- FRANÇA, F. M., TENUTI, J. G., BROGLIO, I. P., PAIVA, L. E., BASTING, R. T., TURSSI, C. P., DO AMARAL, F. L., REIS, A. F. & VIEIRA-JUNIOR, W. F. 2021. Low- and high-viscosity bulk-fill resin composites: a comparison of microhardness, microtensile bond strength, and fracture strength in restored molars. *Acta Odontol Latinoam*, 34, 173-182.
- FRANCOIS, P., FOUQUET, V., ATTAL, J. P. & DURSUN, E. 2020. Commercially Available Fluoride-Releasing Restorative Materials: A Review and a Proposal for Classification. *Materials (Basel)*, 13.
- FRANKENBERGER, R., WINTER, J. & SCHMALZ, G. 2021. [Amalgam and alternatives-discussions on mercury reduction in the environment]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 64, 847-855.

- FRENCKEN, J. E. 2009. Evolution of the the ART approach: highlights and achievements. *J Appl Oral Sci*, 17 Suppl, 78-83.
- FRENCKEN, J. E. 2017. Atraumatic restorative treatment and minimal intervention dentistry. *Br Dent J*, 223, 183-189.
- FRENCKEN, J. E., PILOT, T., SONGPAISAN, Y. & PHANTUMVANIT, P. 1996. Atraumatic restorative treatment (ART): rationale, technique, and development. *J Public Health Dent*, 56, 135-40; discussion 161-3.
- FUGOLIN, A. P. P. & PFEIFER, C. S. 2017. New Resins for Dental Composites. *J Dent Res*, 96, 1085-1091.
- FUKS, A. B. 2002. The use of amalgam in pediatric dentistry. *Pediatr Dent*, 24, 448-55.
- GAO, S. S. 2018. The longevity of posterior restorations in primary teeth. *Evid Based Dent*, 19, 44.
- GAO, S. S., ZHAO, I. S., HIRAISHI, N., DUANGTHIP, D., MEI, M. L., LO, E. C. M. & CHU, C. H. 2016. Clinical Trials of Silver Diamine Fluoride in Arresting Caries among Children: A Systematic Review. *JDR Clin Trans Res*, 1, 201-210.
- GERABEK, W. E. 1999. The tooth-worm: historical aspects of a popular medical belief. *Clin Oral Investig*, 3, 1-6.
- GHAJARI, M. F., GHASEMI, A., MORADI, A. Y. & SANJARI, K. 2020. Fracture resistance of pulpotomized and composite-restored primary molars: Incremental versus bulk-fill techniques. *Dent Res J (Isfahan)*, 17, 412-416.
- GIANNETTI, L., MURRI DELLO DIAGO, A. & SPINAS, E. 2018. SDR® vs traditional composite in class II restorations in primary molars. *J Biol Regul Homeost Agents*, 32, 745-749.
- GLASS, R. L. 1982. The first international conference on the declining prevalence of dental caries. *Journal of Dental Research*, 61, 1301-1383.
- GOK BABA, M., KIRZIOGLU, Z. & CEYHAN, D. 2021. One-year clinical evaluation of two high-viscosity glass-ionomer cements in class II restorations of primary molars. *Aust Dent J*, 66, 32-40.
- GONÇALVES, F., PFEIFER, C. S., FERRACANE, J. L. & BRAGA, R. R. 2008. Contraction stress determinants in dimethacrylate composites. *J Dent Res*, 87, 367-71.
- GONZÁLEZ-LÓPEZ, J. A., PÉREZ-MONDRAGÓN, A. A., CUEVAS-SUÁREZ, C. E., TREJO-CARBAJAL, N. & HERRERA-GONZÁLEZ, A. M. 2020. Evaluation of dental composites resins formulated with non-toxic monomers derived from catechol. *J Mech Behav Biomed Mater*, 104, 103613.
- GORSETA, K. & GLAVINA, D. 2017. Thermo-cured glass ionomer cements in restorative dentistry. *J Istanbul Univ Fac Dent*, 51, S122-s127.
- GRINDEFJORD, M., DAHLLÖF, G., NILSSON, B. & MODÉER, T. 1995. Prediction of dental caries development in 1-year-old children. *Caries Res*, 29, 343-8.
- GURCAN, A. T. & SEYMEN, F. 2019. Clinical and radiographic evaluation of indirect pulp capping with three different materials: a 2-year follow-up study. *Eur J Paediatr Dent*, 20, 105-110.
- GUSTAFSSON, B. E., QUENSEL, C. E., LANKE, L. S., LUNDQVIST, C., GRAHNEN, H., BONOW, B. E. & KRASSE, B. 1954. The Vipeholm dental caries study; the effect of different levels of carbohydrate intake on caries activity in 436 individuals observed for five years. *Acta Odontol Scand*, 11, 232-64.
- HALLETT, K. B. & O'ROURKE, P. K. 2006. Pattern and severity of early childhood caries. *Community Dent Oral Epidemiol*, 34, 25-35.

- HAMADA, S. & SLADE, H. D. 1980. Biology, immunology, and cariogenicity of *Streptococcus mutans*. *Microbiol Rev*, 44, 331-84.
- HAMZA, B., ZIMMERMAN, M., ATTIN, T. & TAUBÖCK, T. T. 2022. Marginal integrity of classical and bulk-fill composite restorations in permanent and primary molars. *Sci Rep*, 12, 13670.
- HANNIG, M. & HANNIG, C. 2014. The pellicle and erosion. *Monogr Oral Sci*, 25, 206-14.
- HANNIG, M. & JOINER, A. 2006. The structure, function and properties of the acquired pellicle. *Monogr Oral Sci*, 19, 29-64.
- HEINTZE, S. D. & ROUSSON, V. 2012. Clinical effectiveness of direct class II restorations - a meta-analysis. *J Adhes Dent*, 14, 407-31.
- HELLWIG, E., ALTENBURGER, M., ATTIN, T., LUSSI, A. & BUCHALLA, W. 2010. Remineralization of initial carious lesions in deciduous enamel after application of dentifrices of different fluoride concentrations. *Clin Oral Investig*, 14, 265-9.
- HELLWIG, E. & LENNON, A. M. 2004. Systemic versus topical fluoride. *Caries Res*, 38, 258-62.
- HENDRIKS, F. H., LETZEL, H. & VRIJHOEF, M. M. 1986. Composite versus amalgam restorations. A three-year clinical evaluation. *J Oral Rehabil*, 13, 401-11.
- HERNANDEZ, M., CHAU, K., CHARISSOU, A., LECAILLON, A., DELSAU, A., BRUNCHER, P. & DROZ, D. 2021. Early predictors of childhood caries among 4-year-old children: a population-based study in north-eastern France. *Eur Arch Paediatr Dent*, 22, 833-842.
- HICKEL, R., KAADEN, C., PASCHOS, E., BUERKLE, V., GARCÍA-GODOY, F. & MANHART, J. 2005. Longevity of occlusally-stressed restorations in posterior primary teeth. *Am J Dent*, 18, 198-211.
- HU, S., BANIHANI, A., NEVITT, S., MADEN, M., SANTAMARIA, R. M. & ALBADRI, S. 2022. Hall technique for primary teeth: A systematic review and meta-analysis. *Jpn Dent Sci Rev*, 58, 286-297.
- HUANG, R., LI, M. & GREGORY, R. L. 2011. Bacterial interactions in dental biofilm. *Virulence*, 2, 435-44.
- HÜBEL, S. & MEJÅRE, I. 2003. Conventional versus resin-modified glass-ionomer cement for Class II restorations in primary molars. A 3-year clinical study. *Int J Paediatr Dent*, 13, 2-8.
- HUMPHREY, W. 1950. Uses of chrome steel crown in children dentistry. *Dent Surv*, 26, 945-949.
- IGIC, M., OBRADOVIC, R. & FILIPOVIC, G. 2018. Prevalence and progression of early childhood caries in Nis, Serbia. *Eur J Paediatr Dent*, 19, 161-164.
- IKEJIMA, I., NOMOTO, R. & MCCABE, J. F. 2003. Shear punch strength and flexural strength of model composites with varying filler volume fraction, particle size and silanation. *Dent Mater*, 19, 206-11.
- ILIE, N. & HICKEL, R. 2009. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. *Clin Oral Investig*, 13, 427-38.
- INNES, N. P., EVANS, D. J., BONIFACIO, C. C., GENESER, M., HESSE, D., HEIMER, M., KANELIS, M., MACHIULSKIENE, V., NARBUTAITÉ, J., OLEGÁRIO, I. C., OWAIS, A., ARAUJO, M. P., RAGGIO, D. P., SPLIETH, C., VAN AMERONGEN, E., WEBER-GASPARONI, K. & SANTAMARIA, R. M. 2017. The Hall Technique 10 years on: Questions and answers. *Br Dent J*, 222, 478-483.

- INNES, N. P., EVANS, D. J. & STIRRUPS, D. R. 2007. The Hall Technique; a randomized controlled clinical trial of a novel method of managing carious primary molars in general dental practice: acceptability of the technique and outcomes at 23 months. *BMC Oral Health*, 7, 18.
- INNES, N. P., EVANS, D. J. & STIRRUPS, D. R. 2011. Sealing caries in primary molars: randomized control trial, 5-year results. *J Dent Res*, 90, 1405-10.
- INNES, N. P., RICKETTS, D., CHONG, L. Y., KEIGHTLEY, A. J., LAMONT, T. & SANTAMARIA, R. M. 2015. Preformed crowns for decayed primary molar teeth. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, Cd005512.
- JANKAUSKIENĖ, B., VIRTANEN, J. I., KUBILIUS, R. & NARBUTAITE, J. 2013. Treatment under dental general anesthesia among children younger than 6 years in Lithuania. *Medicina (Kaunas)*, 49, 403-8.
- JAYANTHI, N. & VINOD, V. 2013. Comparative evaluation of compressive strength and flexural strength of conventional core materials with nanohybrid composite resin core material an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*, 13, 281-9.
- JEON, M. Y., YOO, S. H., KIM, J. H., KIM, C. K. & CHO, B. H. 2007. Dental restorative composites fabricated from a novel organic matrix without an additional diluent. *Biomacromolecules*, 8, 2571-5.
- JORDAN, A. R., BECKER, N., JÖHREN, H. P. & ZIMMER, S. 2016. Early Childhood Caries and Caries Experience in Permanent Dentition: A 15-year Cohort Study. *Swiss Dent J*, 126, 114-119.
- JORDAN, A. R. & MICHEELIS, W. (eds.) 2016. *Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V)*, Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV.
- JOSEPH, R. M., RAO, A. P., SRIKANT, N., KARUNA, Y. M. & NAYAK, A. P. 2020. Evaluation of Changes in the Occlusion and Occlusal Vertical Dimension in Children Following the Placement of Preformed Metal Crowns Using the Hall Technique. *J Clin Pediatr Dent*, 44, 130-134.
- KANG, H. Y., LEE, H., CHAE, Y. K., HONG, S. J., JEONG, Y. Y., LEE, K. E., KIM, M. S., LEE, H. S., CHOI, S. C. & NAM, O. H. 2020. Feasibility of 3-Dimensional Visual Guides for Preparing Pediatric Zirconia Crowns: An In Vitro Study. *Int J Environ Res Public Health*, 17.
- KARIM, Z. A., MUSA, N. & NOOR, S. N. 2008. Utilization of dental general anaesthesia for children. *Malays J Med Sci*, 15, 31-9.
- KASSEBAUM, N. J., BERNABÉ, E., DAHIYA, M., BHANDARI, B., MURRAY, C. J. & MARCENES, W. 2015. Global burden of untreated caries: a systematic review and metaregression. *J Dent Res*, 94, 650-8.
- KAZEMINIA, M., ABDI, A., SHOHAIMI, S., JALALI, R., VAISI-RAYGANI, A., SALARI, N. & MOHAMMADI, M. 2020. Dental caries in primary and permanent teeth in children's worldwide, 1995 to 2019: a systematic review and meta-analysis. *Head Face Med*, 16, 22.
- KEYES, P. H. 1960. The infectious and transmissible nature of experimental dental caries. Findings and implications. *Arch Oral Biol*, 1, 304-20.
- KEYES, P. H. 1969. Present and future measures for dental caries control. *J Am Dent Assoc*, 79, 1395-404.
- KIM SEOW, W. 2012. Environmental, maternal, and child factors which contribute to early childhood caries: a unifying conceptual model. *Int J Paediatr Dent*, 22, 157-68.
- KLINKE, T., DABOUL, A., TUREK, A., FRANKENBERGER, R., HICKEL, R. & BIFFAR, R. 2016. Clinical performance during 48 months of two current glass

- ionomer restorative systems with coatings: a randomized clinical trial in the field. *Trials*, 17, 239.
- KOC VURAL, U., KIREMITCI, A. & GOKALP, S. 2022. Which is the most effective biomaterial in indirect pulp capping? 4- year comparative randomized clinical trial. *Eur Oral Res*, 56, 35-41.
- KOCHER, T., HOLTFRETER, B., PITCHIKA, V., KUHR, K. & JORDAN, R. A. 2021. [Trends in dental and oral health status in Germany between 1997 and 2014]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 64, 782-792.
- KÖHLER, B. & BRATTHALL, D. 1978. Intrafamilial levels of *Streptococcus mutans* and some aspects of the bacterial transmission. *Scand J Dent Res*, 86, 35-42.
- KOLENBRANDER, P. E., PALMER, R. J., JR., RICKARD, A. H., JAKUBOVICS, N. S., CHALMERS, N. I. & DIAZ, P. I. 2006. Bacterial interactions and successions during plaque development. *Periodontol 2000*, 42, 47-79.
- KONDE, S., RAJ, S. & JAISWAL, D. 2012. Clinical evaluation of a new art material: Nanoparticulated resin-modified glass ionomer cement. *J Int Soc Prev Community Dent*, 2, 42-7.
- KÖNIG, K. G. 1971. *Karies und Kariesprophylaxe.*, München, Wilhelm Goldmann Verlag GmbH.
- KOWALSKA, A., SOKOLOWSKI, J. & BOCIONG, K. 2021. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite-A Review and Future Perspectives. *Polymers (Basel)*, 13.
- KRALJEVIC, I., FILIPPI, C. & FILIPPI, A. 2017. Risk indicators of early childhood caries (ECC) in children with high treatment needs. *Swiss Dent J*, 127, 398-410.
- KRÄMER, J. 2017. Kariespolarisation: Chancengleichheit durch Gruppenprophylaxe. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde*, 39, 64-64.
- KRÄMER, N. & FRANKENBERGER, R. 2007. Compomers in restorative therapy of children: a literature review. *Int J Paediatr Dent*, 17, 2-9.
- KRÄMER, N., LOHBAUER, U. & FRANKENBERGER, R. 2007. Restorative materials in the primary dentition of poli-caries patients. *Eur Arch Paediatr Dent*, 8, 29-35.
- KÜHNISCH, J., HEINRICH WELTZIEN, R. & SCHÄFER, E. 2011. Endodontie im Milchgebiss. *Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGKiZ) und der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ)*. URL: https://secure.owidi.de/documents/10165/2216111/2011-03-25_Stellungnahme_MZ-Endo_korrigiert.pdf/27b012c0-44a8-4f4e-a32c-70b66f616229 (20.10.2022).
- KÜHNISCH, J., REICHL, F. X., HEINRICH-WELTZIEN, R. & HICKEL, R. 2017. S3-Leitlinie „Fissuren- und Grübchenversiegelung“. *der junge zahnarzt*, 8, 35-38.
- KUMARI, R. V., NAGARAJ, H., SIDDARAJU, K. & POLURI, R. K. 2015. Evaluation of the Effect of Surface Polishing, Oral Beverages and Food Colorants on Color Stability and Surface Roughness of Nanocomposite Resins. *J Int Oral Health*, 7, 63-70.
- KUPIETZKY, A., ATIA JOACHIM, D., TAL, E. & MOSKOVITZ, M. 2019. Long-term clinical performance of heat-cured high-viscosity glass ionomer class II restorations versus resin-based composites in primary molars: a randomized comparison trial. *Eur Arch Paediatr Dent*, 20, 451-456.

- KYOON-ACHAN, G., SCHROTH, R. J., MARTIN, H., BERTONE, M., MITTERMULLER, B. A., SIHRA, R., KLUS, B., SINGH, S. & MOFFATT, M. E. K. 2021. Parents' Views on Silver Diamine Fluoride to Manage Early Childhood Caries. *JDR Clin Trans Res*, 6, 251-257.
- KZBV/BZÄK 2021. *Praktischer Ratgeber für die zahnärztliche Praxis „Frühkindliche Karies vermeiden“*, Berlin.
- LADWIG, N. M., SAHIARA, C. S., YOSHIOKA, L., OLEGÁRIO, I. C., FLORIANO, I., TEDESCO, T. K., MENDES, F. M., BRAGA, M. M. & RAGGIO, D. P. 2017. Efficacy of conventional treatment with composite resin and atraumatic restorative treatment in posterior primary teeth: study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*, 7, e015542.
- LAGERWEIJ, M. D. & VAN LOVEREN, C. 2015. Declining Caries Trends: Are We Satisfied? *Curr Oral Health Rep*, 2, 212-217.
- LAMANDA, A., CHEAIB, Z., TURGUT, M. D. & LUSSI, A. 2007. Protein buffering in model systems and in whole human saliva. *PLoS One*, 2, e263.
- LEAGAULT, J. V., DINER, M. H. & AUGER, R. 1972. Dental treatment of children in a general anaesthesia clinic: review of 300 cases. *J Can Dent Assoc (Tor)*, 38, 221-4.
- LEE, H., CHAE, Y. K., LEE, H. S., CHOI, S. C. & NAM, O. H. 2019. Three-Dimensional Digitalized Surface and Volumetric Analysis of Posterior Prefabricated Zirconia Crowns for Children. *J Clin Pediatr Dent*, 43, 231-238.
- LEE, J. H. 2018. Guided tooth preparation for a pediatric zirconia crown. *J Am Dent Assoc*, 149, 202-208.e2.
- LEE, Y. 2013. Diagnosis and Prevention Strategies for Dental Caries. *J Lifestyle Med*, 3, 107-9.
- LEPRINCE, J. G., PALIN, W. M., VANACKER, J., SABBAGH, J., DEVAUX, J. & LELOUP, G. 2014. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent*, 42, 993-1000.
- LETIERI, A. S., FREITAS-FERNANDES, L. B., SOUZA, I. P. R., VALENTE, A. P. & FIDALGO, T. K. S. 2022. Metabolomic Signatures of In Vitro Biofilm Maturation of *Streptococcus mutans*. *Curr Microbiol*, 79, 86.
- LILIENTHAL, B. 1955. Buffering systems in the mouth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 8, 828-41.
- LIN, Y. T., CHOU, C. C. & LIN, Y. J. 2021. Caries experience between primary teeth at 3-5 years of age and future caries in the permanent first molars. *J Dent Sci*, 16, 899-904.
- LIU, J. F., HSU, C. L. & CHEN, L. R. 2019. Correlation between salivary mutans streptococci, lactobacilli and the severity of early childhood caries. *J Dent Sci*, 14, 389-394.
- LLENA-PUY, C. 2006. The rôle of saliva in maintaining oral health and as an aid to diagnosis. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 11, E449-55.
- LÖE, H. 2000. Oral hygiene in the prevention of caries and periodontal disease. *Int Dent J*, 50, 129-39.
- LOESCHE, W. J. 1986. Role of *Streptococcus mutans* in human dental decay. *Microbiol Rev*, 50, 353-80.
- LOESCHE, W. J., EKLUND, S., EARNEST, R. & BURT, B. 1984. Longitudinal investigation of bacteriology of human fissure decay: epidemiological studies in molars shortly after eruption. *Infect Immun*, 46, 765-72.

- LOHBAUER, U. 2010. Dental Glass Ionomer Cements as Permanent Filling Materials? —Properties, Limitations Future Trends. *Materials (Basel)*, 3, 76-96.
- LOPEZ-CAZAUX, S., AIEM, E., VELLY, A. M. & MULLER-BOLLA, M. 2019. Preformed pediatric zirconia crown versus preformed pediatric metal crown: study protocol for a randomized clinical trial. *Trials*, 20, 530.
- LUSSI, A., SCHLUETER, N., RAKHMATULLINA, E. & GANSS, C. 2011. Dental erosion—an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries Res*, 45 Suppl 1, 2-12.
- LUTZ, F. & PHILLIPS, R. W. 1983. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent*, 50, 480-8.
- LYNCH, D. J., VILLHAUER, A. L., WARREN, J. J., MARSHALL, T. A., DAWSON, D. V., BLANCHETTE, D. R., PHIPPS, K. R., STARR, D. E. & DRAKE, D. R. 2015. Genotypic characterization of initial acquisition of *Streptococcus mutans* in American Indian children. *J Oral Microbiol*, 7, 27182.
- LYNCH, R. J. 2013. The primary and mixed dentition, post-eruptive enamel maturation and dental caries: a review. *Int Dent J*, 63 Suppl 2, 3-13.
- LYNCH, R. J., NAVADA, R. & WALIA, R. 2004. Low-levels of fluoride in plaque and saliva and their effects on the demineralisation and remineralisation of enamel; role of fluoride toothpastes. *Int Dent J*, 54, 304-9.
- LYNGE PEDERSEN, A. M. & BELSTRØM, D. 2019. The role of natural salivary defences in maintaining a healthy oral microbiota. *J Dent*, 80 Suppl 1, S3-s12.
- MABANGKHU, S., DUANGTHIP, D., CHU, C. H., PHONGHANYUDH, A. & JIRARATTANASOPHA, V. 2020. A randomized clinical trial to arrest dentin caries in young children using silver diamine fluoride. *J Dent*, 99, 103375.
- MACHIULSKIENE, V., CAMPUS, G., CARVALHO, J. C., DIGE, I., EKSTRAND, K. R., JABLONSKI-MOMENI, A., MALTZ, M., MANTON, D. J., MARTIGNON, S., MARTINEZ-MIER, E. A., PITTS, N. B., SCHULTE, A. G., SPLIETH, C. H., TENUTA, L. M. A., FERREIRA ZANDONA, A. & NYVAD, B. 2020. Terminology of Dental Caries and Dental Caries Management: Consensus Report of a Workshop Organized by ORCA and Cariology Research Group of IADR. *Caries Res*, 54, 7-14.
- MAKAWI, Y., EL-MASRY, E. & EL-DIN, H. M. 2017. Salivary carbonic anhydrase, pH and phosphate buffer concentrations as potential biomarkers of caries risk in children. *Journal of Unexplored Medical Data*, 2, 9-15.
- MALDUPA, I., SOPULE, A., URIBE, S. E., BRINKMANE, A. & SENAKOLA, E. 2021. Caries Prevalence and Severity for 12-Year-Old Children in Latvia. *Int Dent J*, 71, 214-223.
- MANHART, J. & HICKEL, R. 1999. Esthetic compomer restorations in posterior teeth using a new all-in-one adhesive: case presentation. *J Esthet Dent*, 11, 250-8.
- MARGOLIS, H. C. & MORENO, E. C. 1994. Composition and cariogenic potential of dental plaque fluid. *Crit Rev Oral Biol Med*, 5, 1-25.
- MARINHO, V. C., HIGGINS, J. P., SHEIHAM, A. & LOGAN, S. 2003. Fluoride toothpastes for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, 2003, Cd002278.
- MARINHO, V. C., WORTHINGTON, H. V., WALSH, T. & CLARKSON, J. E. 2013. Fluoride varnishes for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, Cd002279.
- MARSH, P. D. 1994. Microbial ecology of dental plaque and its significance in health and disease. *Adv Dent Res*, 8, 263-71.

- MARSH, P. D. 2004. Dental plaque as a microbial biofilm. *Caries Res*, 38, 204-11.
- MARSH, P. D. 2005. Dental plaque: biological significance of a biofilm and community life-style. *J Clin Periodontol*, 32 Suppl 6, 7-15.
- MARSH, P. D. 2006. Dental plaque as a biofilm and a microbial community - implications for health and disease. *BMC Oral Health*, 6 Suppl 1, S14.
- MARSH, P. D. 2010. Microbiology of dental plaque biofilms and their role in oral health and caries. *Dent Clin North Am*, 54, 441-54.
- MARSH, P. D. & BRADSHAW, D. J. 1995. Dental plaque as a biofilm. *J Ind Microbiol*, 15, 169-75.
- MARSH, P. D., MOTER, A. & DEVINE, D. A. 2011. Dental plaque biofilms: communities, conflict and control. *Periodontol 2000*, 55, 16-35.
- MARTHALER, T. M. 2003. Successes and drawbacks in the caries-preventive use of fluorides--lessons to be learnt from history. *Oral Health Prev Dent*, 1, 129-40.
- MATHEWS, S. A., KURIEN, B. T. & SCOFIELD, R. H. 2008. Oral manifestations of Sjögren's syndrome. *J Dent Res*, 87, 308-18.
- MATHUR, V. P. & DHILLON, J. K. 2018. Dental Caries: A Disease Which Needs Attention. *Indian J Pediatr*, 85, 202-206.
- MCLEAN, J. W., NICHOLSON, J. W. & WILSON, A. D. 1994. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int*, 25, 587-9.
- MEJÅRE, I., LINGSTRÖM, P., PETERSSON, L. G., HOLM, A. K., TWETMAN, S., KÄLLESTÅL, C., NORDENRAM, G., LAGERLÖF, F., SÖDER, B., NORLUND, A., AXELSSON, S. & DAHLGREN, H. 2003. Caries-preventive effect of fissure sealants: a systematic review. *Acta Odontol Scand*, 61, 321-30.
- METZ, I., ROTHMAIER, K., PITCHIKA, V., CRISPIN, A., HICKEL, R., GARCIA-GODOY, F., BÜCHER, K. & KÜHNISCH, J. 2015. Risk factors for secondary caries in direct composite restorations in primary teeth. *Int J Paediatr Dent*, 25, 451-61.
- MEYER, F. & ENAX, J. 2018. Early Childhood Caries: Epidemiology, Aetiology, and Prevention. *Int J Dent*, 2018, 1415873.
- MICHEELIS, W. & REICH, E. (eds.) 1999. *Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III). Ergebnisse, Trends und Problemanalysen auf der Grundlage bevölkerungsrepräsentativer Stichproben in Deutschland 1997*, Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- MILLER, W. D. 1889. *Die Mikroorganismen der Mundhöhle*, Leipzig, Thieme.
- MITCHELL, S. C., RUBY, J. D., MOSER, S., MOMENI, S., SMITH, A., OSGOOD, R., LITAKER, M. & CHILDERS, N. 2009. Maternal transmission of mutans Streptococci in severe-early childhood caries. *Pediatr Dent*, 31, 193-201.
- MITRA, S. B., WU, D. & HOLMES, B. N. 2003. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc*, 134, 1382-90.
- MÖHN, M., FRANKENBERGER, R. & KRÄMER, N. 2022. Wear and marginal quality of aesthetic crowns for primary molars. *Int J Paediatr Dent*, 32, 273-283.
- MORI, Y., AMANO, A., AKIYAMA, S. & MORISAKI, I. 2000. Effects of short professional mechanical tooth-cleaning (PMTc) program in young adults with mental disabilities. *Spec Care Dentist*, 20, 18-22.
- MOSZNER, N. & SALZ, U. 2001. New developments of polymeric dental composites. *Progress in Polymer Science*, 26, 535-576.
- MOUSAVINASAB, S. M. & MEYERS, I. 2009. Fluoride release by glass ionomer cements, compomer and giomer. *Dent Res J (Isfahan)*, 6, 75-81.

- MOYNIHAN, P. 2016. Sugars and Dental Caries: Evidence for Setting a Recommended Threshold for Intake. *Adv Nutr*, 7, 149-56.
- MOYNIHAN, P. J. & KELLY, S. A. 2014. Effect on caries of restricting sugars intake: systematic review to inform WHO guidelines. *J Dent Res*, 93, 8-18.
- NÄRHI, T. O., MEURMAN, J. H. & AINAMO, A. 1999. Xerostomia and hyposalivation: causes, consequences and treatment in the elderly. *Drugs Aging*, 15, 103-16.
- NASH, D. A. 1981. The nickel-chromium crown for restoring posterior primary teeth. *J Am Dent Assoc*, 102, 44-9.
- NASSAR, H. M. & GONZÁLEZ-CABEZAS, C. 2011. Effect of gap geometry on secondary caries wall lesion development. *Caries Res*, 45, 346-52.
- NEWBRUN, E. 1967. Sucrose, the arch criminal of dental caries. *Odontol Revy*, 18, 373-86.
- NEWBRUN, E. 1969. Sucrose, the arch criminal of dental caries. *ASDC J Dent Child*, 36, 239-48.
- NICHOLSON, J. W. 2007. Polyacid-modified composite resins ("compomers") and their use in clinical dentistry. *Dent Mater*, 23, 615-22.
- NICHOLSON, J. W. 2008. Compomers. *J Esthet Restor Dent*, 20, 3-4.
- NICHOLSON, J. W. 2016. Adhesion of glass-ionomer cements to teeth: A review. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 69, 33-38.
- NICHOLSON, J. W. & CZARNECKA, B. 2008. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater*, 24, 1702-8.
- NIEM, T., FRANKENBERGER, R., AMEND, S., WÖSTMANN, B. & KRÄMER, N. 2022. Damping Behaviour and Mechanical Properties of Restorative Materials for Primary Teeth. *Materials (Basel)*, 15.
- NISHANTHINE, C., MIGLANI, R., R, I., POORNI, S., SRINIVASAN, M. R., ROBAIAN, A., ALBAR, N. H. M., ALHAIDARY, S. F. R., BINALRIMAL, S., ALMALKI, A., VINOTHKUMAR, T. S., DEWAN, H., RADWAN, W., MIRZA, M. B., BHANDI, S. & PATIL, S. 2022. Evaluation of Fluoride Release in Chitosan-Modified Glass Ionomer Cements. *Int Dent J*, 72, 785-791.
- OLIVEIRA, C. A., DIAS, P. F., DOS SANTOS, M. P. & MAIA, L. C. 2008. Split mouth randomized controlled clinical trial of beveled cavity preparations in primary molars: an 18-Month follow up. *J Dent*, 36, 754-8.
- ORŁOWSKI, M., TARCZYDŁO, B. & CHAŁAS, R. 2015. Evaluation of marginal integrity of four bulk-fill dental composite materials: in vitro study. *ScientificWorldJournal*, 2015, 701262.
- OSTAPIUK, M., TARCZYDŁO, J., ŁUSZCZEWSKA-SIERAKOWSKA, I., ŚLEDŹ, R. & TYMCZYNA-BOROWICZ, B. 2021. Analysis of marginal integrity in dentistry composite fillings with flow layer under compression test. *Microsc Res Tech*, 84, 1442-1450.
- OUBENYAHYA, H. & BOUHABBA, N. 2019. General anesthesia in the management of early childhood caries: an overview. *J Dent Anesth Pain Med*, 19, 313-322.
- PAES LEME, A. F., KOO, H., BELLATO, C. M., BEDI, G. & CURY, J. A. 2006. The role of sucrose in cariogenic dental biofilm formation--new insight. *J Dent Res*, 85, 878-87.
- PANI, S. C., SAFFAN, A. A., ALHOBAIL, S., BIN SALEM, F., ALFURAIH, A. & ALTAMIMI, M. 2016. Esthetic Concerns and Acceptability of Treatment Modalities in Primary Teeth: A Comparison between Children and Their Parents. *Int J Dent*, 2016, 3163904.

- PARISOTTO, T. M., STEINER-OLIVEIRA, C., SILVA, C. M., RODRIGUES, L. K. & NOBRE-DOS-SANTOS, M. 2010. Early childhood caries and mutans streptococci: a systematic review. *Oral Health Prev Dent*, 8, 59-70.
- PEREIRA, C. L., DEMARCO, F. F., CENCI, M. S., OSINAGA, P. W. & PIOVESAN, E. M. 2003. Flexural strength of composites: influences of polyethylene fiber reinforcement and type of composite. *Clin Oral Investig*, 7, 116-9.
- PEREZ CDOS, R., GONZALEZ, M. R., PRADO, N. A., DE MIRANDA, M. S., MACÊDO MDE, A. & FERNANDES, B. M. 2012. Restoration of noncarious cervical lesions: when, why, and how. *Int J Dent*, 2012, 687058.
- PÉREZ-MONDRAGÓN, A. A., TREJO-CARBAJAL, N., CUEVAS-SUÁREZ, C. E., DONADO, F. & HERRERA-GONZÁLEZ, A. M. 2022. Effect of replacing UDMA by a new tetramethacrylate monomer on the properties of dental resin composite. *Journal of Applied Polymer Science*, 139, e52707.
- PETERSSON, G. H. & BRATTHALL, D. 1996. The caries decline: a review of reviews. *Eur J Oral Sci*, 104, 436-43.
- PEUMANS, M., DE MUNCK, J., VAN LANDUYT, K. L., KANUMILLI, P., YOSHIDA, Y., INOUE, S., LAMBRECHTS, P. & VAN MEERBEEK, B. 2007. Restoring cervical lesions with flexible composites. *Dent Mater*, 23, 749-54.
- PEUTZFELDT, A. 1997. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci*, 105, 97-116.
- PIEPER, K. & JABLONSKI-MOMENI, A. 2008. Prävalenz der Milchzahnkaries in Deutschland. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde*, 30, 6-10.
- PIERCE, A., SINGH, S., LEE, J., GRANT, C., CRUZ DE JESUS, V. & SCHROTH, R. J. 2019. The Burden of Early Childhood Caries in Canadian Children and Associated Risk Factors. *Front Public Health*, 7, 328.
- PITCHIKA, V., METZ, I., ROTHMAIER, K., CRISPIN, A., HICKEL, R., BÜCHER, K. & KÜHNISCH, J. 2016. Comparison of Different Protocols for Performing Adhesive Restorations in Primary Teeth - A Retrospective Clinical Study. *J Adhes Dent*, 18, 447-453.
- PITTS, N. B., ZERO, D. T., MARSH, P. D., EKSTRAND, K., WEINTRAUB, J. A., RAMOS-GOMEZ, F., TAGAMI, J., TWETMAN, S., TSAKOS, G. & ISMAIL, A. 2017. Dental caries. *Nat Rev Dis Primers*, 3, 17030.
- PRATAP, B., GUPTA, R. K., BHARDWAJ, B. & NAG, M. 2019. Resin based restorative dental materials: characteristics and future perspectives. *Jpn Dent Sci Rev*, 55, 126-138.
- PREETHI, B. P., RESHMA, D. & ANAND, P. 2010. Evaluation of Flow Rate, pH, Buffering Capacity, Calcium, Total Proteins and Total Antioxidant Capacity Levels of Saliva in Caries Free and Caries Active Children: An In Vivo Study. *Indian J Clin Biochem*, 25, 425-8.
- PUMMER, A., CIEPLIK, F., NIKOLIĆ, M., BUCHALLA, W., HILLER, K. A. & SCHMALZ, G. 2020. Longevity of posterior composite and compomer restorations in children placed under different types of anesthesia: a retrospective 5-year study. *Clin Oral Investig*, 24, 141-150.
- QUE, L., JIA, M., YOU, Z., JIANG, L. C., YANG, C. G., QUARESMA, A. A. D. & DAS NEVES, E. 2021. Prevalence of dental caries in the first permanent molar and associated risk factors among sixth-grade students in São Tomé Island. *BMC Oral Health*, 21, 483.
- QVIST, V., LAURBERG, L., POULSEN, A. & TEGLERS, P. T. 1997. Longevity and cariostatic effects of everyday conventional glass-ionomer and amalgam restorations in primary teeth: three-year results. *J Dent Res*, 76, 1387-96.

- QVIST, V., LAURBERG, L., POULSEN, A. & TEGLERS, P. T. 2004a. Class II restorations in primary teeth: 7-year study on three resin-modified glass ionomer cements and a compomer. *Eur J Oral Sci*, 112, 188-96.
- QVIST, V., LAURBERG, L., POULSEN, A. & TEGLERS, P. T. 2004b. Eight-year study on conventional glass ionomer and amalgam restorations in primary teeth. *Acta Odontol Scand*, 62, 37-45.
- QVIST, V., POULSEN, A., TEGLERS, P. T. & MJÖR, I. A. 2010. The longevity of different restorations in primary teeth. *Int J Paediatr Dent*, 20, 1-7.
- RAAB, D. 2013. Karies – Entstehung und Prophylaxe. *Cosmetic Dentistry*, 4, 41-43.
- RAMAZANI, N. 2016. Different Aspects of General Anesthesia in Pediatric Dentistry: A Review. *Iran J Pediatr*, 26, e2613.
- RANDOLPH, L. D., PALIN, W. M., LELOUP, G. & LEPRINCE, J. G. 2016. Filler characteristics of modern dental resin composites and their influence on physico-mechanical properties. *Dent Mater*, 32, 1586-1599.
- RATHEE, M. & SAPRA, A. 2022. Dental Caries. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- RIBEIRO, J. F., FORGERINI, T. V., PEDROTTI, D., ROCHA, R. O., ARDENGHI, T. M., SOARES, F. Z. M. & LENZI, T. L. 2018. Performance of resin composite restorations in the primary dentition: a retrospective university-based study. *Int J Paediatr Dent*.
- RICHARDS, D. 2017. The effectiveness of silver diamine fluoride in arresting caries. *Evid Based Dent*, 18, 70.
- RIORDAN, P. J. 1999. Fluoride supplements for young children: an analysis of the literature focusing on benefits and risks. *Community Dent Oral Epidemiol*, 27, 72-83.
- RIPA, L. W., GWINNETT, A. J. & BUONOCORE, M. G. 1966. The "prismless" outer layer of deciduous and permanent enamel. *Arch Oral Biol*, 11, 41-8.
- ROBERTS, A., MCKAY, A. & ALBADRI, S. 2018. The use of Hall technique preformed metal crowns by specialist paediatric dentists in the UK. *Br Dent J*, 224, 48-52.
- RUENGRUNGSOM, C., PALAMARA, J. E. A. & BURROW, M. F. 2018. Comparison of ART and conventional techniques on clinical performance of glass-ionomer cement restorations in load bearing areas of permanent and primary dentitions: A systematic review. *J Dent*, 78, 1-21.
- RUGG-GUNN, A. J., HACKETT, A. F., APPLETON, D. R., JENKINS, G. N. & EASTOE, J. E. 1984. Relationship between dietary habits and caries increment assessed over two years in 405 English adolescent school children. *Arch Oral Biol*, 29, 983-92.
- RUSE, N. D. 1999. What is a "compomer"? *J Can Dent Assoc*, 65, 500-4.
- SABBARINI, J., MOHAMED, A., WAHBA, N., EL-MELIGY, O. & DEAN, J. 2008. Comparison of enamel matrix derivative versus formocresol as pulpotomy agents in the primary dentition. *J Endod*, 34, 284-7.
- SABBATANI, S. & FIORINO, S. 2016. Dental worm disease. *Infez Med*, 24, 349-358.
- SANTAMARÍA, R. & INNES, N. 2018. Sealing Carious Tissue in Primary Teeth Using Crowns: The Hall Technique. *Monogr Oral Sci*, 27, 113-123.
- SANTAMARIA, R. M., SCHMOECKEL, J., BASNER, R., SCHÜLER, E. & SPLIETH, C. H. 2019. Caries Trends in the Primary Dentition of 6- to 7-Year-old Schoolchildren in Germany from 1994 to 2016: Results from the German National Oral Health Surveys in Children. *Caries Res*, 53, 659-666.

- SARAPULTSEVA, M. & SARAPULTSEV, A. 2019. Flowable Bulk-Fill Materials Compared to Nano Ceramic Composites for Class I Cavities Restorations in Primary Molars: A Two-Year Prospective Case-Control Study. *Dent J (Basel)*, 7.
- SCHIFFNER, U. 2021. [Use of fluorides for caries prevention]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 64, 830-837.
- SCHMOECKEL, J., GORSETA, K., SPLIETH, C. H. & JURIC, H. 2020. How to Intervene in the Caries Process: Early Childhood Caries - A Systematic Review. *Caries Res*, 54, 102-112.
- SCHMOECKEL, J., SANTAMARÍA, R. M., BASNER, R., SCHANKATH, E. & SPLIETH, C. H. 2021. [Oral health trends in children : Results from the epidemiological surveys accompanying group prophylaxis in Germany]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 64, 772-781.
- SCHULTE, A. G. & SCHMIDT, P. 2021. [Oral health in persons with disability in Germany-an overview of the literature]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 64, 793-801.
- SCHWENDICKE, F., FRENCKEN, J. E., BJØRNDAL, L., MALTZ, M., MANTON, D. J., RICKETTS, D., VAN LANDUYT, K., BANERJEE, A., CAMPUS, G., DOMÉJEAN, S., FONTANA, M., LEAL, S., LO, E., MACHIULSKIENE, V., SCHULTE, A., SPLIETH, C., ZANDONA, A. F. & INNES, N. P. 2016. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. *Adv Dent Res*, 28, 58-67.
- SEALE, N. S. 2002. The use of stainless steel crowns. *Pediatr Dent*, 24, 501-5.
- SEOW, W. K. 2018. Early Childhood Caries. *Pediatr Clin North Am*, 65, 941-954.
- SHAH, S. 2018. Paediatric dentistry- novel evolvement. *Ann Med Surg (Lond)*, 25, 21-29.
- SHAW, A. J., CARRICK, T. & MCCABE, J. F. 1998. Fluoride release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data. *J Dent*, 26, 355-9.
- SHEIHAM, A. 1983. Sugars and dental decay. *Lancet*, 1, 873.
- SHEN, P., MCKEEVER, A., WALKER, G. D., YUAN, Y., REYNOLDS, C., FERNANDO, J. R., CHEN, Y. Y., MACRAE, C. M., SCHNEIDER, P. & REYNOLDS, E. C. 2020. Remineralization and fluoride uptake of white spot lesions under dental varnishes. *Aust Dent J*, 65, 278-285.
- SHIN, Y., WADA, K., TSUCHIDA, Y., IJBARA, M., IKEDA, M., TAKAHASHI, H. & IWAMOTO, T. 2023. Wear behavior of materials for additive manufacturing after simulated occlusion of deciduous dentition. *J Mech Behav Biomed Mater*, 138, 105627.
- SIDHU, S. K. 2011. Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? *Aust Dent J*, 56 Suppl 1, 23-30.
- SIDHU, S. K. & NICHOLSON, J. W. 2016. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater*, 7.
- SIMMER, J. P., HARDY, N. C., CHINOY, A. F., BARTLETT, J. D. & HU, J. C. 2020. How Fluoride Protects Dental Enamel from Demineralization. *J Int Soc Prev Community Dent*, 10, 134-141.
- SINGHAL, R. & PATHAK, A. 2012. Comparison of the fracture resistance of reattached incisor tooth fragments using 4 different materials. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 30, 310-6.

- SONGUR, F., SIMSEK DERELIOGLU, S., YILMAZ, S. & KOŞAN, Z. 2019. Assessing the Impact of Early Childhood Caries on the Development of First Permanent Molar Decays. *Front Public Health*, 7, 186.
- SPARKS, J., FUNDERBURK, J. M., TANTBIROJN, D., VERSLUIS, A. & WELLS, M. 2022. Tooth Structure Removed in Primary Molar Prefabricated Crown Preparations of Typodont Teeth. *Pediatr Dent*, 44, 136-140.
- SPLIETH, C. H., BANERJEE, A., BOTTENBERG, P., BRESCHI, L., CAMPUS, G., EKSTRAND, K. R., GIACAMAN, R. A., HAAK, R., HANNIG, M., HICKEL, R., JURIC, H., LUSSI, A., MACHIULSKIENE, V., MANTON, D. J., JABLONSKI-MOMENI, A., OPDAM, N. J. M., PARIS, S., SANTAMARÍA, R. M., SCHWENDICKE, F., TASSERY, H., FERREIRA ZANDONA, A., ZERO, D. T., ZIMMER, S. & DOMÉJEAN, S. 2020. How to Intervene in the Caries Process in Children: A Joint ORCA and EFCD Expert Delphi Consensus Statement. *Caries Res*, 54, 297-305.
- SPLIETH, C. H., SCHMOECKEL, J., SCHÜLER, E. & SANTAMARÍA, R. M. 2017. [Prevention in the primary dentition: the end of a successful story]. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 72, 148-154.
- SPLIETH, C. H., TREUNER, A. & BERNDT, C. 2009. Orale Gesundheit im Kleinkindalter. *Prävention und Gesundheitsförderung*, 4, 119-124.
- SPODZIEJA, K. & OLCZAK-KOWALCZYK, D. 2022. Premature Loss of Deciduous Teeth as a Symptom of Systemic Disease: A Narrative Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*, 19.
- STEPHAN, R. M. 1944. Intra-Oral Hydrogen-Ion Concentrations Associated With Dental Caries Activity. *Journal of Dental Research*, 23, 257-266.
- STOOKEY, G. K. 2008. The effect of saliva on dental caries. *J Am Dent Assoc*, 139 Suppl, 11s-17s.
- SURENDRANATH, P., KRISHNAPPA, S. & SRINATH, S. 2022. Silver Diamine Fluoride in Preventing Caries: A Review of Current Trends. *Int J Clin Pediatr Dent*, 15, S247-s251.
- SZTYLER, K., WIGLUSZ, R. J. & DOBRZYNSKI, M. 2022. Review on Preformed Crowns in Pediatric Dentistry-The Composition and Application. *Materials (Basel)*, 15.
- TEAM DAJ 2017. *Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2016.*, Bonn, Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege.
- TEANPAISAN, R., CHAETHONG, W., PIWAT, S. & THITASOMAKUL, S. 2012. Vertical transmission of mutans streptococci and lactobacillus in Thai families. *Pediatr Dent*, 34, e24-9.
- TEN CATE, J. M. 1990. In vitro studies on the effects of fluoride on de- and remineralization. *J Dent Res*, 69 Spec No, 614-9; discussion 634-6.
- TEN CATE, J. M. & BUZALAF, M. A. R. 2019. Fluoride Mode of Action: Once There Was an Observant Dentist. *J Dent Res*, 98, 725-730.
- THYLSTRUP, A. 1990. Clinical evidence of the role of pre-eruptive fluoride in caries prevention. *J Dent Res*, 69 Spec No, 742-50; discussion 820-3.
- TINANOFF, N. 1997. The Early Childhood Caries Conference--October 18-19, 1997. *Pediatr Dent*, 19, 453-4.
- TINANOFF, N. 2005. Association of diet with dental caries in preschool children. *Dent Clin North Am*, 49, 725-37, v.
- TINANOFF, N. & O'SULLIVAN, D. M. 1997. Early childhood caries: overview and recent findings. *Pediatr Dent*, 19, 12-6.

- TIRUPATHI, S. P., KRISHNA, N., RAJASEKHAR, S. & NUVVULA, S. 2019. Clinical Efficacy of Single-visit Pulpectomy over Multiple-visit Pulpectomy in Primary Teeth: A Systematic Review. *Int J Clin Pediatr Dent*, 12, 453-459.
- TIWARI, S., KENCHAPPA, M., BHAYYA, D., GUPTA, S., SAXENA, S., SATYARTH, S., SINGH, A. & GUPTA, M. 2016. Antibacterial Activity and Fluoride Release of Glass-Ionomer Cement, Compomer and Zirconia Reinforced Glass-Ionomer Cement. *J Clin Diagn Res*, 10, Zc90-3.
- TRIEU, A., MOHAMED, A. & LYNCH, E. 2019. Silver diamine fluoride versus sodium fluoride for arresting dentine caries in children: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*, 9, 2115.
- TUNA, D. & OLMEZ, A. 2008. Clinical long-term evaluation of MTA as a direct pulp capping material in primary teeth. *Int Endod J*, 41, 273-8.
- TURNER, J. G. 1906. Effects of abscess arising from temporary teeth. *Br J. Dent Sci*, 49, 562-564.
- UZEL, İ., AYKUT-YETKINER, A., ERSIN, N., ERTUĞRUL, F., ATILA, E. & ÖZCAN, M. 2022. Evaluation of Glass-Ionomer versus Bulk-Fill Resin Composite: A Two-Year Randomized Clinical Study. *Materials (Basel)*, 15.
- VAN 'T HOF, W., VEERMAN, E. C., NIEUW AMERONGEN, A. V. & LIGTENBERG, A. J. 2014. Antimicrobial defense systems in saliva. *Monogr Oral Sci*, 24, 40-51.
- VAN DUINEN, R. N., SHAHID, S., HILL, R. & GLAVINA, D. 2016. In-vitro Study on Temperature Changes in the Pulp Chamber Due to Thermo-Cure Glass Ionomer Cements. *Acta Stomatol Croat*, 50, 287-291.
- VAN NIEUW AMERONGEN, A., BOLSCHER, J. G. & VEERMAN, E. C. 2004. Salivary proteins: protective and diagnostic value in cariology? *Caries Res*, 38, 247-53.
- VERMEERSCH, G., LELOUP, G. & VREVEN, J. 2001. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil*, 28, 26-32.
- WATTS, D. C. 1987. Radiopacity vs. composition of some barium and strontium glass composites. *J Dent*, 15, 38-43.
- WELDON, J. C., YENGOPAL, V., SIEGFRIED, N., GOSTEMEYER, G., SCHWENDICKE, F. & WORTHINGTON, H. V. 2016. Dental filling materials for managing carious lesions in the primary dentition. *Cochrane Database of Systematic Reviews*.
- WENDT, L. K. & BIRKHED, D. 1995. Dietary habits related to caries development and immigrant status in infants and toddlers living in Sweden. *Acta Odontol Scand*, 53, 339-44.
- WIEGAND, A., BUCHALLA, W. & ATTIN, T. 2007. Review on fluoride-releasing restorative materials--fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater*, 23, 343-62.
- WILSON, A. D. & KENT, B. E. 1972. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J*, 132, 133-5.
- WILSON, P. R. & BEYNON, A. D. 1989. Mineralization differences between human deciduous and permanent enamel measured by quantitative microradiography. *Arch Oral Biol*, 34, 85-8.
- WOODS, J. S., MARTIN, M. D., LEROUX, B. G., DEROUEN, T. A., LEITÃO, J. G., BERNARDO, M. F., LUIS, H. S., SIMMONDS, P. L., KUSHLEIKA, J. V. & HUANG, Y. 2007. The contribution of dental amalgam to urinary mercury excretion in children. *Environ Health Perspect*, 115, 1527-31.

- WU, E., YANG, Y. J., MUNZ, S. M., HSIAO, C. C. & BOYNTON, J. R. 2021. Restorations Versus Stainless Steel Crowns in Primary Molars: A Retrospective Split-Mouth Study. *Pediatr Dent*, 43, 290-295.
- WYNE, A. H. 1999. Early childhood caries: nomenclature and case definition. *Community Dent Oral Epidemiol*, 27, 313-5.
- YADAV, R. & KUMAR, M. 2019. Dental restorative composite materials: A review. *J Oral Biosci*, 61, 78-83.
- YAN, I. G., ZHENG, F. M., GAO, S. S., DUANGTHIP, D., LO, E. C. M. & CHU, C. H. 2022. Effect of application time of 38% silver diamine fluoride solution on arresting early childhood caries in preschool children: a randomised double-blinded controlled trial protocol. *Trials*, 23, 215.
- YAP, A. U., CHUNG, S. M., CHOW, W. S., TSAI, K. T. & LIM, C. T. 2004. Fracture resistance of compomer and composite restoratives. *Oper Dent*, 29, 29-34.
- YAWARY, R. & HEGDE, S. 2022. Silver Diamine Fluoride Protocol for Reducing Preventable Dental Hospitalisations in Victorian Children. *Int Dent J*, 72, 322-330.
- YENGOPAL, V., HARNEKER, S. Y., PATEL, N. & SIEGFRIED, N. 2009. Dental fillings for the treatment of caries in the primary dentition. *Cochrane Database Syst Rev*, Cd004483.
- YOSHIDA, Y., VAN MEERBEEK, B., NAKAYAMA, Y., SNAUWAERT, J., HELLEMANS, L., LAMBRECHTS, P., VANHERLE, G. & WAKASA, K. 2000. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res*, 79, 709-14.
- ZAH DAN, B. A., SZABO, A., GONZALEZ, C. D., OKUNSERI, E. M. & OKUNSERI, C. E. 2018. Survival Rates of Stainless Steel Crowns and Multi-Surface Composite Restorations Placed by Dental Students in a Pediatric Clinic. *J Clin Pediatr Dent*, 42, 167-172.
- ZERO, D. T. 2004. Sugars - the arch criminal? *Caries Res*, 38, 277-85.
- ZERO, D. T. 2017. Evidence for biofilm acid neutralization by baking soda. *J Am Dent Assoc*, 148, S10-s14.
- ZHENG, F. M., YAN, I. G., DUANGTHIP, D., GAO, S. S., LO, E. C. M. & CHU, C. H. 2021. Prevalence of Untreated Early Childhood Caries of 5-Year-Old Children in Hong Kong: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*, 18.
- ZIMMERLI, B., STRUB, M., JEGER, F., STADLER, O. & LUSSI, A. 2010. Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 120, 972-86.
- ZOU, J., MENG, M., LAW, C. S., RAO, Y. & ZHOU, X. 2018. Common dental diseases in children and malocclusion. *Int J Oral Sci*, 10, 7.

8 Danksagung

9 Tabellarischer Lebenslauf