

Aus der Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und Kinderzahnmedizin des  
CharitéCentrums 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

## DISSERTATION

Die Versorgung kariöser Milchmolarenläsionen mit  
Kompomer-Restaurationen und konfektionierten Kronen

zum Erlangen des akademischen Grades  
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

Lara S. Heuer, geb. Schmukalla

aus Henstedt-Ulzburg

Datum der Promotion: 05.06.2016

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Zusammenfassungen</b> .....  | <b>6</b>  |
| 1.1 Zusammenfassung.....  | 6         |
| 1.2 Abstract.....   | 8         |
| <b>2 Einleitung</b> .....   | <b>10</b> |
| 2.1 Kariöse Zerstörung im Milchgebiss als Gesundheitsproblem.....                               | 10        |
| 2.2 Kariestherapie bei Kindern.....   | 12        |
| <b>3 Literaturübersicht</b> .....   | <b>15</b> |
| 3.1 Die Versorgung kariöser Läsionen im Milchgebiss .....                                       | 15        |
| 3.1.1 Restaurationsmaterialien.....   | 15        |
| 3.1.1.1 Klinische Anforderungen an zahnärztliche adhäsive Füllungsmaterialien                   | 15        |
| 3.1.1.2 Kompomere .....   | 16        |
| 3.1.1.3 Adhäsiv-Systeme.....  | 20        |
| 3.1.2 Die Versorgung kariöser Läsionen im Milchgebiss mit Füllungen .....                       | 22        |
| 3.1.2.1 Amalgam- versus Glasionomerezement-Füllungen .....                                      | 23        |
| 3.1.2.2 Amalgam- versus Komposit-Füllungen .....  | 24        |
| 3.1.2.3 Amalgam- versus Glasionomerezement- versus Komposit-Füllungen .....                     | 24        |
| 3.1.2.4 Amalgam- versus Kompomer-Füllungen.....   | 25        |
| 3.1.2.5 Unterschiede in der adhäsiven Füllungstherapie bei Kindern und<br>Erwachsenen.....      | 29        |
| 3.1.2.6 Kavitätenpräparation für adhäsive Füllungsmaterialien .....                             | 31        |
| 3.1.3 Die Versorgung kariöser Läsionen im Milchgebiss mit konfektionierten<br>Stahlkronen ..... | 32        |
| 3.1.3.1 Eigenschaften konfektionierter Stahlkronen im Milchgebiss .....                         | 35        |
| 3.1.3.2 Die Hall-Technik als Eingliederungsvariante konfektionierter Kronen.....                | 36        |
| 3.1.3.3 Probleme im Zuge der Kronenversorgung im Milchgebiss.....                               | 37        |
| 3.1.3.4 Indikationen und Kontraindikationen für konfektionierte Kronen .....                    | 39        |
| 3.2 Bewertungskriterien für das Langzeitverhalten von Restaurationen .....                      | 40        |
| 3.2.1 Das ICDAS-System: Bewertung adhäsiver Füllungsrestaurationen .....                        | 41        |

---

|  |                |
|--|----------------|
| 3.2.2 Die USPHS-Kriterien: Bewertung von Füllungs- und Kronenrestorationen | .44            |
| 3.2.3 Das DIAGNOcam-Verfahren: Transillumination mit Nahinfrarot-Licht     | .....45        |
| 3.3 Faktoren, die auf die Versorgungsqualität Einfluss nehmen              | .....47        |
| 3.3.1 Verarbeitung und Applikation des Materials                           | .....47        |
| 3.3.2 Alter (Compliance) des Kindes  | .....48        |
| 3.3.3 Betroffener Milchmolar   | .....49        |
| 3.3.4 Kavitäten-Klasse   | .....49        |
| 3.3.5 Intraorale Verweildauer  | .....50        |
| 3.3.6 Mundhygiene (PBI, API)   | .....50        |
| 3.3.7 Individuelle Kariesaktivität   | .....50        |
| <b>4 Ziel der Arbeit und Arbeitshypothesen</b>                             | <b>.....51</b> |
| <b>5 Probanden und Methoden</b>  | <b>.....52</b> |
| 5.1 Ethikkommission  | .....52        |
| 5.2 Auswahl der Patienten  | .....52        |
| 5.3 Durchführung der klinischen Untersuchung                               | .....55        |
| 5.3.1 Erheben des API und SBI  | .....56        |
| 5.3.2 Zahnreinigung  | .....57        |
| 5.3.3 Erheben des ICDAS-Codes  | .....57        |
| 5.3.4 Anwendung der DIAGNOcam 2170   | .....58        |
| 5.3.5 Bewertung der Füllungen (USPHS-Kriterien)                            | .....59        |
| 5.3.6 Bewertung der Kronenrestorationen (USPHS-Kriterien)                  | .....60        |
| 5.4 Statistische Auswertung  | .....61        |
| <b>6 Ergebnisse</b>  | <b>.....63</b> |
| 6.1 Patientenalter und -geschlecht   | .....63        |
| 6.2 Verweildauer der Restaurationen  | .....64        |
| 6.3 Gründe für das Versagen von Restaurationen                             | .....64        |
| 6.4 Ergebnisse der Füllungsgruppe  | .....65        |

---

|   |           |
|---|-----------|
| 6.4.1 Füllungen mit endodontischer Vorbehandlung .....            | 65        |
| 6.4.2 Ergebnisse der ICDAS-Bewertungen .....                      | 66        |
| 6.4.3 Ergebnisse der USPHS-Kriterien.....                         | 66        |
| 6.5 Ergebnisse der Kronengruppe .....                             | 67        |
| 6.5.1 Kronen mit endodontischer Vorbehandlung .....               | 67        |
| 6.5.2 Ergebnisse der USPHS-Kriterien.....                         | 67        |
| 6.6 Ergebnisse der Einfluss nehmenden Faktoren .....              | 68        |
| 6.6.1 Alter des Kindes .....                                      | 68        |
| 6.6.2 Mundhygiene (API, SBI) .....                                | 69        |
| 6.6.3 Einfluss des Milchmolaren .....                             | 71        |
| 6.6.4 Einfluss der Kavitäten-Klasse .....                         | 72        |
| 6.6.5 Einfluss des verwendeten Kompomers .....                    | 73        |
| 6.7 Qualitative Auswertung der ICDAS- und DIAGNOcam-Befunde.....  | 74        |
| <b>7 Diskussion .....</b>   | <b>77</b> |
| 7.1 Diskussion der Fragestellung.....                             | 77        |
| 7.2 Diskussion von Probanden und Methodik.....                    | 78        |
| 7.2.1 Diskussion der statistischen Methoden .....                 | 84        |
| 7.3 Diskussion der Ergebnisse.....                                | 85        |
| 7.3.1 Diskussion der Ergebnisse der konfektionierten Kronen ..... | 85        |
| 7.3.2 Diskussion der Ergebnisse der Kompomer-Füllungen.....       | 87        |
| 7.3.3 Diskussion der beeinflussenden Faktoren.....                | 88        |
| 7.3.3.1 Diskussion des Patientenalters .....                      | 88        |
| 7.3.3.2 Diskussion des betroffenen Milchmolaren .....             | 89        |
| 7.3.3.3 Diskussion der Kavitäten-Klasse .....                     | 90        |
| 7.3.3.4 Diskussion des Kompomer-Materials.....                    | 92        |
| 7.3.3.5 Diskussion der Mundhygiene .....                          | 93        |
| 7.3.4 Diskussion der USPHS-Werte.....                             | 95        |
| 7.3.5 Diskussion der ICDAS-Werte .....                            | 97        |

---

|  |            |
|--|------------|
| 7.3.6 Diskussion der DIAGNOcam-Bilder .....    | 99         |
| <b>8 Schlussfolgerungen .....</b>              | <b>102</b> |
| <b>9 Literaturverzeichnis .....</b>            | <b>106</b> |
| <b>10 Anhang .....</b>                         | <b>123</b> |
| 10.1 Abkürzungsverzeichnis .....               | 123        |
| 10.2 Abbildungsverzeichnis .....               | 125        |
| 10.3 Tabellenverzeichnis .....                 | 126        |
| 10.4 Ethikkommissionsvotum.....                | 127        |
| 10.5 Einwilligungs- und Aufklärungsbögen ..... | 128        |
| 10.5.1 Anschreiben Eltern .....                | 128        |
| 10.5.2 Aufklärungsbogen Eltern .....           | 129        |
| 10.5.3 Aufklärungsbogen Kinder .....           | 131        |
| 10.5.4 Einwilligungserklärungsbogen .....      | 133        |
| 10.6 Dokumentationsbögen .....                 | 135        |
| 10.6.1 ICDAS-Befund.....                       | 137        |
| <b>11 Eidesstattliche Versicherung .....</b>   | <b>138</b> |
| <b>12 Curriculum Vitae.....</b>                | <b>139</b> |
| <b>13 Danksagung.....</b>                      | <b>140</b> |

## 1 Zusammenfassungen

### 1.1 Zusammenfassung

**Einleitung:** In der vorliegenden Pilotstudie sollte die Langlebigkeit von Kompomer- und Kronenrestorationen zur Therapie kariöser Milchmolaren (Klasse-I-, Klasse-II-Kavitäten) untersucht werden. Ziel war es, die Versorgungsarten anhand klinischer Bewertungskriterien retrospektiv zu evaluieren, deren Langlebigkeiten zu vergleichen und Erfolgsraten zu ermitteln.

**Methodik:** Screening aller Patienten des Arbeitsbereichs Kinderzahnmedizin der Charité - Universitätsmedizin Berlin von 2006 bis 2014. 48 Patienten erfüllten folgende Selektionskriterien: allgemein gesund, 5-12 Jahre alt, konfektionierte Edelstahlkronen (3M Medica, Borken) an ersten und/oder zweiten Milchmolaren oder Klasse-I- und/oder Klasse-II-Kompomer-Füllungen (Dyract AP, Dentsply, Konstanz; Twinky Star, VOCO, Cuxhaven) an ersten und/oder zweiten Milchmolaren, Restaurationen mindestens 12 Monate in situ. Die Patienten erhielten eine Zahnreinigung, eine Untersuchung ihres Mundhygiene- (API, SBI) und Karies-Status (ICDAS) sowie eine Beurteilung (USPHS-Kriterien, DIAGNOcam) ihrer Restaurationen. Alle Befunde eines Patienten wurden stets am selben Tag erhoben. Es kam ein standardisierter Untersuchungsbogen zur Anwendung. Die Befunderhebung erfolgte durch dieselbe Zahnärztin (L. H.), die bezüglich der ICDAS-Klassifikation kalibriert worden war. Ein positives Votum der Ethikkommission der Charité liegt vor. Die Patienten wurden über den Studienablauf aufgeklärt und erklärten ihre Einwilligung.

**Ergebnisse:** Insgesamt wurden 145 Restaurationen, darunter 56 (38,6 %) Klasse-I- und 89 (61,4 %) Klasse-II-Kompomer-Füllungen sowie 31 konfektionierte Kronen, evaluiert. Sämtliche Analysen wurden mit SPSS (SPSS Statistics 22, IBM, Chicago, Illinois, USA) durchgeführt. Der Mann-Whitney-U-Test wurde dazu verwendet, einen möglichen signifikanten Unterschied zwischen Mundhygiene, Kavitäten-Klasse, Kompomer-Material, Patientenalter, betroffenem Milchmolar und der Verweildauer der Restaurationen zu prüfen. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson wurde durchgeführt, um einen möglichen signifikanten Unterschied in der Mundhygiene von Kronen- und Füllungsgruppe zu prüfen. Das Signifikanzniveau wurde auf 5 % gesetzt. Die Erfolgsquote der Füllungen betrug 74,5 %, die der Kronen 93,5 %. Die Versagensquote der Füllungen lag bei 25,5 % und setzt sich aus dem Versagen aufgrund von Karies 21,4 % (n = 31) sowie

Füllungsverlust 4,1 % (n = 6) zusammen. Die Misserfolgsrate der Kronen betrug 6,5 % und ist einer perforierten Okklusalfäche (n = 1) sowie einem insuffizienten Kronenrand (n = 1) geschuldet. Klasse-II-Füllungen wiesen signifikant ( $p < 0,05$ ) kürzere Verweildauern auf als Klasse-I-Füllungen. Die intraorale Verweildauer korrelierte nur schwach mit dem Patientenalter zum Zeitpunkt der Eingliederung der Restauration ( $R^2 = 0,12$ ).

**Schlussfolgerungen:** Konfektionierte Kronen sind für die Restauration kariöser Milchmolarenläsionen geeignet und gewährleisten langzeitigen klinischen Erfolg, unabhängig von Patientenalter oder Mundhygiene. Die Entscheidung für eine Kompomer-Füllung anstelle einer Krone hat häufigere Kontrolluntersuchungen sowie Nachbehandlungen zur Folge. Bei bereits fortgeschrittenen approximalen Läsionen sollten konfektionierte Kronen präferiert werden. Bei richtiger Indikation (Klasse-I-Kavität, kleine Klasse-II-Kavität) erreichen auch Kompomer-Füllungen gute Erfolgsraten.

## 1.2 Abstract

**Introduction:** This retrospective pilot study aims at evaluating clinical performance and survival of compomer restorations (class I and II cavities) in comparison with stainless steel crowns (SSCs) in primary molars with occlusoproximal lesions.

**Methods:** Patient screening of the pedodontic department of Charité - Universitätsmedizin Berlin between 2006 and 2014. 48 children fulfilled following criteria: generally healthy, aged 5-12 years, having received either a compomer filling (Dyract AP, Dentsply, Konstanz/Twinky Star, VOCO, Cuxhaven) and/or  $\geq 1$  SSC (3M Medica, Borken), restorations at least 12 months in situ. ICDAS, Gingival Index (SBI) and Plaque Index (API) were recorded. All clinical findings of a patient were always established on the same day. A standardized investigation sheet was applied. Restorations were assessed by using DIAGNOcam (KaVo, Biberach) and modified USPHS-criteria. Follow-up examinations were performed by one dentist (L. H.), who was calibrated in terms of ICDAS before. Study was approved by the Ethics Committee of Charité - Universitätsmedizin Berlin, Germany (trial registration no. EA2/113/13). Informed oral and written, parents gave consent.

**Results:** 145 restorations, including 56 (38.6 %) class-I-, 89 (61.4 %) class-II-compomer fillings and 31 SSCs, were evaluated. All analyses were performed with SPSS (SPSS Statistics 22, IBM, Chicago, Illinois, USA). Mann-Whitney U test was used to assess a significant difference between oral hygiene status, cavity class, patient age, concerned primary molar, type of compomer and survival time of restorations. Pearson's chi-square test was used to assess a significant difference in oral hygiene status of SSC and filling group. Significance level was set at 5 %. Overall success rate of SSCs was 93.5 %, of compomer fillings 74.5 %. Secondary caries (21.4 %,  $n = 31$ ) and filling loss (4.1 %,  $n = 6$ ) were scored as clinical failures. Overall failure rate of SSCs was 6.5 % (one perforated crown and one with insufficient margin). Survival time of class II restorations was significantly shorter ( $p < 0.05$ ) than for class I restorations. Duration of survival time was not significantly associated with patients age at treatment date ( $R^2 = 0.12$ ).

**Conclusions:** SSCs are more successful restorations in primary molars and guarantee long-lasting clinical success regardless of patient age or oral hygiene status. Decision for compomer restoration instead of SSC implicates more frequent clinical check-ups as

---

well as post-treatments. In clinical cases of advanced proximal caries lesions SSCs should be preferred. At appropriate indication (class I cavities, small class II cavities) compomer restorations achieve good clinical success rates, too.

## 2 Einleitung

### 2.1 Kariöse Zerstörung im Milchgebiss als Gesundheitsproblem

Innerhalb der letzten Jahre konnte in Deutschland eine Verbesserung der Zahngesundheit für Kinder und Jugendliche beobachtet werden [33,216,252]. Diese als „caries decline“ bezeichnete Entwicklung bezieht sich auf das bleibende Gebiss und wird vor allem durch die kariespräventive Wirkung von Fluoriden erklärt [32,37].

Der allgemeine Trend des Kariesrückgangs gilt für das Milchgebiss nur eingeschränkt [32,33,88,111,162,214,216,252]. Durch die in regelmäßigen Abständen im Auftrag der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege (DAJ) durchgeführten epidemiologischen Studien zur Kariesprävalenz bei Schulkindern [211-215,217] ist dokumentiert, dass 2009 – trotz des Kariesrückgangs in toto – immer noch 47,4 % der Sechsjährigen Karieserfahrung hatten sowie fast die Hälfte der kariösen Milchzähne unbehandelt war. Laut Krämer und Frankenberger sind in der Altersgruppe der Dreijährigen lediglich knapp 20 % der festgestellten kariösen Läsionen therapiert [162].

Dieser nach wie vor hohe Behandlungsbedarf im Milchgebiss macht eine weitere Intensivierung der zahnmedizinischen Prophylaxemaßnahmen bei Kleinkindern erforderlich [216]. Eine effiziente Therapie gelingt nur durch Ausschaltung der kariogenen Noxen sowie parallel dazu durchgeführte Prophylaxe- und Sanierungsmaßnahmen. Hierbei sollte der Fokus besonders auf das Vermeiden frühkindlicher Karies (Nuckelflaschenkaries, Nursing Bottle Syndrom, Early Childhood Caries) gerichtet werden. Diese Form der Karies betrifft Kinder, die jünger als sechs Jahre sind [162], lässt sich bereits bei Kleinkindern im zweiten Lebensjahr beobachten [32,33] und wird als ein „Public-Health-Problem“ angesehen [24,33,49,52,252]. Als Folgen sind Milchzähne zerstört, zudem können Entzündungsherde entstehen und den allgemeinen Gesundheitszustand beeinträchtigen.

Zahlreiche Studien erkannten einen Zusammenhang zwischen Frontzahnkaries an Milchzähnen im Oberkiefer und der anschließenden Entwicklung approximaler Läsionen an Milchmolaren [5,10,144,196,197]. Bei Patienten mit Milchzahnkaries ohne Einwirkung von Trinkflaschen sind in der Regel zunächst die Okklusal- sowie die Approximalflächen der Milchmolaren betroffen [113,194].

Die kariöse Zerstörung bei Kindern, die das 6. Lebensjahr noch nicht erreicht haben, stellt ein großes Gesundheitsproblem dar [33,49,251] und erschwert das Ziel der WHO (World Health Organization) und der Bundeszahnärztekammer für 2020, 80 % naturgesunde Gebisse bei Sechsjährigen [273] zu erreichen.

Für eine erfolgreiche Intervention bedarf es gesicherter Erkenntnisse auf Basis kontrollierter randomisierter Studien, die verschiedene Therapieansätze, darunter der Einsatz konfektionierter Stahlkronen und plastischer Füllungen, bezüglich der Versorgung kariös zerstörter Milchmolaren untersuchen und deren Langzeiterfolg gegenüberstellen [134].

Augenblicklich existieren nur wenige Studien, in denen Stahlkronen und konventionelle Restaurationen miteinander verglichen werden. Darunter einige ältere, die einen Vergleich zu Amalgam-Füllungen aufstellen [34,61,72,80,180,203,226], eine aus dem Jahr 2005, die konfektionierte Kronen und kunststoffmodifizierte Glasionomerezemente (GIZ) als geeignete Versorgungsmethoden für kariös zerstörte Milchmolaren geprüft hat [227], sowie eine weitere Arbeit zum Vergleich von Komposit-Füllungen mit Stahlkronen aus dem Jahr 2008 [13].

Alle Arbeitsgruppen kommen fast einheitlich zu der Schlussfolgerung, Stahlkronen seien langlebiger als Füllungen – unabhängig davon, welches Füllungsmaterial in der jeweiligen Studie verwendet wurde. Die Kariestherapie mit Kronen scheint deutlich wirtschaftlicher zu sein als eine Versorgung mit mehrflächigen Füllungen, da konfektionierte Kronen nur in Ausnahmefällen (z. B. Fistelbildung, okklusale Perforation) erneuert werden müssen. Eine weitere Intervention vor physiologischer Exfoliation ist deshalb selten erforderlich [72,88,152,194,231,237].

Trotzdem darf man den Einsatz von Kinderkronen nicht unkritisch als das Nonplusultra der Kariestherapie darstellen. So besteht die Gefahr einer Überbehandlung, insbesondere bei Patienten mit frühen kariösen Läsionen oder Einzelflächenkaries [151,227]. Zudem erscheint es vor dem Hintergrund der sich stetig weiterentwickelnden Füllungstherapie im Milchgebiss, mit Fortschritten sowohl in der Handhabung der Restaurationsmaterialien als auch beim Material an sich, angebracht, die oben genannten Studienergebnisse zu überprüfen.

Aus diesem Grund beschäftigt sich die vorliegende Pilotstudie mit dem In-vivo-Vergleich von Kompomer-Füllungen und konfektionierten Stahlkronen als Restaurationsarten für die Versorgung kariöser Läsionen an Milchmolaren.

## **2.2 Kariestherapie bei Kindern**

In der Zahnmedizin ist die Förderung der Zahngesundheit bei Kindern von 0 bis 12 Jahren seit 1990 eine gesetzliche Verpflichtung [163] und Milchzahnkaries muss frühzeitig therapiert werden [24]. Kleinkinder sollten dem Zahnarzt ebenso selbstverständlich vorgestellt werden, nämlich mit dem ersten Lebensjahr, wie sie zu den Untersuchungen beim Kinderarzt gebracht werden [8,125,136]. Eine solche Forderung mag dazu beitragen, die Chance einer Wiederherstellung des ursprünglichen Gebisszustands durch frühes Aufsuchen einer zahnärztlichen Praxis zu gewährleisten, um die Funktion der Milchzähne als Platzhalter, zum Kauen und zum Sprechen so lange wie möglich zu erhalten [44,161,258].

Für die Therapiefindung in der Kinderzahnmedizin sind psychologische Aspekte, geistiger und körperlicher Entwicklungsstand sowie soziale Komponenten wichtig, da sie die Kooperationsbereitschaft von Kindern beeinflussen [88,153,194,269]. Die Kooperation wiederum stellt in der zahnärztlichen Behandlung von Kindern einen Schlüsselfaktor dar [193,236,250].

Generell ist die Therapie der Karies abhängig vom Grad der Demineralisation. Zahnärzte können bezüglich der Art der Sanierung auf ein breites Spektrum an Behandlungsmöglichkeiten zurückgreifen [203,269]. Bei initialer Schmelzkaries mit intakter Oberfläche (white spot lesions) sind eine Arretierung des kariösen Prozesses und eine Remineralisation durch noninvasives Vorgehen möglich [113,150,153,187].

Bei bereits etablierten Läsionen ist dagegen keine Ausheilung mehr möglich. Moderne Füllungsmaterialien, spezielle Handinstrumente und rotierende Instrumente mit graziilen Schleifkörpern ermöglichen ein substanzschonendes, minimalinvasives Vorgehen bei Kariesexkavation und Kavitätenpräparation [258]. Dabei muss nicht jede kariöse Läsion zwangsläufig mittels eines rotierenden Instruments exkaviert und präpariert werden und eine restaurative Maßnahme nach sich ziehen. Es stehen konservative Therapieansätze wie das Carisolv-System (MediTeam AB, Göteborg, Schweden) und der Er:YAG-Laser (Erbium:Yttrium-Aluminium-Granat-Laser, KaVo Dental GmbH, Bibe-

rach/Riß) zur Verfügung, die bei richtiger Indikationsstellung die konventionelle Therapie umgehen können [31,155,187,272].

Amalgam sollte heute als Füllungsmaterial bei unter Sechsjährigen nicht mehr angewendet werden [111,117,160]. Auch Komposite scheinen für die routinemäßige Behandlung bei Kindern weniger geeignet zu sein, da sie außerordentlich techniksensitiv und zeitintensiv in der Anwendung sind [111,160,229].

Aufgrund der positiven klinischen Ergebnisse gelten Kompomere laut Gross et al. heute als *die* Amalgam-Alternative im Milchgebiss [110]. Sie bieten einige Vorteile [111,158,168,258] und schneiden in Untersuchungen ähnlich gut ab wie Komposite [19,20]. Untersuchungen an Klasse-I- und Klasse-II-Milchmolarenkavitäten [20,68,202,223,229] zeigten für Kompomere geringe jährliche Verlustraten von 0 bis 11 % [119]. Auch in anderen Studien haben sich Kompomere als Milchzahnrestorationen über einen längeren Zeitraum bewährt [60,68,84,229]. Ein Mindestmaß an Mitarbeit stellt allerdings die Grundvoraussetzung für eine gelungene Kompomer-Restoration dar [158]. Hohe Sekundärkariesraten bei Kindern mit geringer Compliance unterstreichen dies [9].

Glasionomerzemente (GIZ) sollten nur dann zum Einsatz kommen, wenn ein Arbeiten unter relativer Trockenlegung aufgrund mangelnder Compliance nicht gegeben ist [111,160,223,258]. Sie zeigen eine geringe Abrasionsresistenz, sind schlecht polierbar und weisen wegen ihrer Frakturneigung im Isthmusbereich nur geringe mittlere Überlebensraten auf [111]. Ihre durchschnittliche Überlebensdauer in Klasse-II-Kavitäten beträgt lediglich 1,4 bis 2 Jahre und ist deutlich geringer als mit Kompomer oder Komposit [151,223]. Dem steht der Vorteil ihrer kariesprotektiven Wirkung bedingt durch die Fluoridabgabe gegenüber [9,181].

Bei umfangreich zerstörten Milchmolaren mit mehr als zwei betroffenen Flächen sollten konfektionierte Stahlkronen Anwendung finden [34,44,49,61,72,87,105,152,153,161,231,240,250,269]. Sie bieten vor allem in kariesaktiven Gebissen eine dauerhafte, stabile und einfach herzustellende Versorgungsmöglichkeit mit geringer Reparaturanfälligkeit [105,152,225,231,236,240].

Moderne Füllungsmaterialien und Adhäsiv-Techniken verlangen eine optimale Trockenlegung des zu behandelnden Zahnes sowie ein übersichtliches und sauberes Arbeitsfeld [158]. Dies ist auch bei Kompomer-Füllungen wesentlicher Bestandteil der Quali-

tätssicherung. Der Zutritt von Speichel, Blut und Sulkusflüssigkeit zu angeätztem Schmelz und zur Kavität muss zuverlässig verhindert werden, da sich eine Kontamination der Zahnhartsubstanzen negativ auf den Haftverbund zum Füllungsmaterial auswirkt [90]. Wann immer es möglich ist, sollte der Arbeitsbereich mit Kofferdam isoliert werden [146]. Jedoch ist die grundsätzliche Behandlung unter Kofferdam aufgrund der geringen Compliance bei Kindern unter sechs Jahren nur schwer realisierbar und keine unabdingbare Voraussetzung für klinischen Erfolg [46,229]. Zudem ist das Befestigen von Kofferdam-Klammern wegen fehlender Unterschnitte bedingt durch die anatomische Form der Milchzähne erschwert [111]. Die Trockenlegung erfolgt im Praxisalltag demzufolge häufig nur mit Watterollen, Parotiskissen und Matrize. Dies hat bei guter Mitarbeit des Kindes keine negativen Auswirkungen auf den klinischen Erfolg von Kompomer-Füllungen im Milchgebiss [46,111]. Özer und Mitarbeiter bestätigen, dass eine Kontamination des Dentins mit Speichel vor oder nach der Adhäsiv-Applikation keinen Einfluss auf die Haftkraft des Kompomers hat [200]. Die Firma Dentsply formuliert in ihrer Gebrauchsanweisung für das Kompomer Dyract AP ebenfalls keine Forderung nach einer Feuchtigkeitsisolation mit Kofferdam [63]. Als Matrizensysteme bei Klasse-II-Füllungen in Milchmolaren haben sich Metallmatrizen bewährt, da sie auch bei sehr engen Kontaktpunkten schnell angelegt werden können [111].

Die Ziele und Anforderungen der Kariestherapie im Milchgebiss sind:

1. Erhalt der Milchzähne bis zu ihrer physiologischen Exfoliation [250,264]
2. Verminderung der Kariesprogression [194,237,238]
3. Reduzierung des Kariesrisikos für das bleibende Gebiss [237,238]
4. Beachtung der morphologischen Unterschiede zwischen Milch- und bleibenden Zähnen [160,169,193,229,250,253]
5. Zahl der Behandlungstermine so gering wie möglich und Vermeiden von Wiederholungsbehandlungen [194]

## **3 Literaturübersicht**

### **3.1 Die Versorgung kariöser Läsionen im Milchgebiss**

Die Empfehlungen in der Literatur zum Thema Kinderkronen und Kompomere für die Versorgung kariöser Milchmolaren könnten unterschiedlicher nicht sein.

So wird die Verwendung konfektionierter Kronen für stark zerstörte Milchmolaren von vielen Autoren als das Mittel der Wahl angesehen [34,49,61,72,152,158,180,226,237,250,262]. Diese Auffassung wird geprägt durch Studien aus den Jahren 1975 bis 1995, in denen Kinderkronen stets gute bis sehr gute Resultate erzielten [34,61,72,80,180,203,226].

Auf der anderen Seite kommen viele neuere Studien zu Kompomeren als adhäsivem Füllungswerkstoff für Milchzähne ebenfalls zu befriedigenden Langzeitergebnissen [9,19,20,60,68,84,110,129,164,165,174,178,202,204,209,220,229,265].

Was fehlt, ist eine Gegenüberstellung beider Therapieformen innerhalb einer Studie.

#### **3.1.1 Restaurationsmaterialien**

##### **3.1.1.1 Klinische Anforderungen an zahnärztliche adhäsive Füllungsmaterialien**

Die Anforderungen an zahnärztliche adhäsive Füllungsmaterialien sind in DIN-EN-ISO 4049 für polymerbasierte Restaurationsmaterialien niedergelegt.

Als grundlegende Beschreibung der „Eigenschaften eines idealen Komposits“, stellvertretend für alle plastischen Füllungsmaterialien, können nach wie vor die Aussagen der Züricher Autoren Lutz et al. gelten [172]:

1. Biologische Anforderungen: Biokompatibilität und somit Ausschluss systemischer Toxizität [2,56,262]
2. Mechanische Anforderungen: geringe Wasseraufnahme, ausreichende Biegefestigkeit, genügende Polymerisationstiefe, suffizienter Verbund mit der Zahnstruktur bzw. mit dem Haftvermittler. Die physikalischen Eigenschaften des plastischen Füllungsmaterials sollten denjenigen der Zahnhartsubstanz entsprechen. Die Verschleißfestigkeit und die Wirkung auf Antagonisten sollten ähnlich den Eigenschaften des Schmelzes sein. Der Elastizitätsmodul, die Härte, der thermische Expansionskoeffizient, die Farbe, die Röntgenopazität, die Oberflächenrau-

heit, die Abrasionsresistenz sowie die Druckfestigkeit sollen mit der Zahnhartsubstanz vergleichbare Werte aufweisen [2,56,262]. Eine Diskrepanz zwischen dem Restaurationsmaterial und den Zahnhartsubstanzen bei diesen Eigenschaften gefährdet die Lebenszeit der Restauration [268].

3. Praktische Eigenschaften: gute Verarbeitbarkeit des Materials, ohne großen Aufwand gut polierbar, röntgenopak [2,56,262]
4. Ästhetische Ansprüche: ausreichende Anzahl von Zahnfarben, gute optische Eigenschaften des Materials und eine gewisse Farbstabilität [2,56,262]

Die klinischen Anforderungen an adhäsive Füllungsmaterialien für Milchzähne [44, 70,160] ähneln denen für das bleibende Gebiss nahezu vollkommen. Ein besonders großer Wert sollte hinsichtlich der Behandlung von Kindern auf einen geringen Zeitbedarf für das Legen der Füllung, eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit und Verarbeitungsfehlern und auf eine Freisetzung von Fluoridionen gelegt werden [105,158]. Des Weiteren sollten eine einfache Handhabung und eine Verarbeitung mit Metallmatrizen möglich sein [111,160]. Die Haftung an der Zahnhartsubstanz muss ebenso garantiert werden wie ein dichter Randschluss [90,263]. Die Abrasionsneigung des Milchzahnschmelzes wird aufgrund des geringeren Mineralgehalts und des größeren Porenvolumens vor allem vor dem Durchbruch der Sechsjahrmolaren – also während der Nutzphase des Milchgebisses – höher eingeschätzt als bei den bleibenden Zähnen [247]. Dies mag der Grund dafür sein, dass die Ansprüche an die Abrasionsresistenz von plastischen Füllungsmaterialien im Milchgebiss geringer sind [70,160].

#### **3.1.1.2 Kompomere**

Kompomere sind, seit ihrer Einführung 1993, das beliebteste Restaurationsmaterial für die Versorgung von Milchmolaren geworden [48,101]. 66 % der Zahnkliniken in Deutschland nutzen Kompomere als Füllungswerkstoff für Klasse-I- und Klasse-II-Milchmolarenläsionen [43]. Kompomere eignen sich trotz ihrer im Vergleich zu Komposit geringeren Abrasionsresistenz für eine Füllungstherapie im Milchgebiss [117, 157,168,271]. Sie sind ästhetisch ansprechend, verfügen über gute mechanische Eigenschaften und erfordern – im Gegensatz zu den Glasionomern – keine unterschichtgehende Präparationstechnik zur makromechanischen Verankerung der Füllung [9,174]. Eine gute Trockenlegung ist jedoch entscheidend für den Langzeiterfolg [204].

Das Wort Kompomer setzt sich aus den Wörtern **Komposit** und Glasionomerzement (GIZ), den Bestandteilen des Kompomers, zusammen. In der wissenschaftlichen Literatur wird für Kompomere auch der Begriff „Polyalkensäure-modifizierte Komposite“ verwendet [158,179,274]. Dieser Begriff unterstreicht die Tatsache, dass der überwiegende Anteil der Kompomere aus lighthärtenden Kompositen besteht, die durch Glasionomerzement-Komponenten modifiziert wurden. Kompomere vereinigen sowohl Komposit- als auch Glasionomerzement-Eigenschaften in sich und können als Hybridfüllungsmaterialien bezeichnet werden [42,117,229]. So wird versucht, von den positiven Eigenschaften beider Materialien zu profitieren: die Fluoridabgabe und die einfache Handhabung der Glasionomerzemente sowie die guten Materialeigenschaften und die Ästhetik der Komposite [110,274]. Ihre Abriebfestigkeit und Oberflächenhärte sind im Vergleich zu Kompositen reduziert [42,117].

Reaktive Fluoroaluminiumsilikatgläser aus der Glasionomerzement-Technologie sind wichtige Bestandteile der Kompomere [274]. Die Partikelgrößen der Füller variieren je nach Hersteller von 0,2 bis 10  $\mu\text{m}$  [271]. Wegen des Fluoroaluminium-Anteils setzen die Kompomere Fluorid frei [106,128]. Die Inhibition von Sekundärkaries durch die Fluoridabgabe der Kompomere ist für die Versorgung kariöser Milchzähne ein großer Vorteil [101,168]. Sie wurde von einigen Autoren auch zur Fluoridierung der an die Milchzahnfüllung grenzenden Mesialfläche von bleibenden Molaren empfohlen [55,124]. Allerdings nimmt die Fluoridfreisetzung der Kompomere ebenso schnell ab, wie sie initial (24 Stunden) hoch ist [11,138].

Die Abbindereaktion der Kompomere beruht vorwiegend auf der Polymerisation der sauren Monomere. Die Säure-Basen-Reaktion, die erst durch die Aufnahme von Wasser – in der Mundhöhle in Form des Speichels – in Gang gesetzt wird, führt zur Fluoridfreisetzung [16,106,117]. Auf diesem Mechanismus basiert die die Kariesaktivität mindernde Wirkung der Kompomere [48,117,274]. Da Kompomere in nicht abgebundener Form kein Wasser enthalten, bleibt wegen der zuvor notwendigen Applikation eines Haftvermittlers die Liquidation auf die oberflächlichen Materialschichten, die mit dem Speichel in Berührung kommen, begrenzt [48,274] und die Möglichkeit für eine Fluoridfreisetzung direkt in die Kavität ist herabgesetzt [48]. Die Schichtstärke des in eine Kavität eingebrachten Kompomer-Materials sollte 2 mm pro polymerisierter Schicht nicht

überschreiten [17]. Diese Eigenschaft schließt das Benutzen von Kompomeren in Bereichen aus, in denen die Lichtzugänglichkeit fraglich erscheint [48].

Füllungsmaterialien, die eine fluoridfreisetzende Wirkung haben, weisen eine geringere Inzidenz von Sekundärkaries im Randbereich der Füllung auf als Restaurationsmaterialien ohne Fluorid [123,124]. Diese Beobachtung gilt auch für Kompomere [66].

Kompomere haben eine kittartige Konsistenz und sind einfach in Kavitäten einzubringen. Das Ausarbeiten von Kompomer-Füllungen ist ebenfalls relativ unkompliziert und kann mit typischen Feinkorndiamanten erfolgen.

Kompomere sollten immer zusammen mit einem Haftvermittler verwendet werden [76,111,220], da ihre Haftkraft an den Zahnhartsubstanzen in hohem Maße von der jeweiligen Vorbehandlung abhängt [120]. Auch wenn einige Untersuchungen keine signifikant besseren Haftwerte durch Vorbehandlung mit Phosphorsäure nachweisen konnten [257,259], sprechen viele andere Studien für eine verbesserte Haftung nach vorhergehender zusätzlicher Ätzung [15,21,38,39,53,76,89,90,108,120,220].

Die Resultate für das Abschneiden von Kompomeren als Füllungsmaterial für kariöse Milchmolaren, die in verschiedenen Studien von 1994 bis 2015 veröffentlicht wurden, weisen insgesamt gute bis sehr gute Erfolgsquoten von 66,7 % bis 100 % auf (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1: Studien zur Versorgung von Milchzähnen mit Kompomeren sortiert nach Erscheinungsjahr**

| Studie                             | Dauer [Jahre] | Kavitäten-Klasse | Produkt     | Erfolgsrate [%] |
|------------------------------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|
| Krejci et al. 1994 [164]           | 0,5           | II               | Dyract      | 100             |
| Krejci et al. 1998 [165]           | 2             | II               | Dyract      | 100             |
| Peters et al. 1996 [209]           | 1             | I/II             | Dyract      | 97,0            |
| Andersson-Wenckert et al. 1997 [9] | 2             | II               | Dyract      | 78,0            |
| Hse/Wei 1997 [129]                 | 1             | II               | Dyract      | 98,0            |
| Attin et al. 1998 [19]             | 1             | II               | Compoglass  | 94,0            |
| Roeters et al. 1998 [229]          | 3             | I/II             | Dyract      | 89,2            |
| Papagiannoulis et al. 1999 [202]   | 2             | II               | Dyract      | 90,0            |
| Mass et al. 1999 [178]             | 2             | II               | Dyract      | 100             |
| Marks et al. 1999 [174]            | 3             | II               | Dyract      | 94,1            |
| Welbury et al. 2000 [265]          | 3,5           | I/II             | Dyract      | 91,0            |
| Attin et al. 2001 [20]             | 3             | II               | Compoglass  | 79,5            |
| Gross et al. 2001 [110]            | 2             | II               | Dyract      | 96,0            |
| Duggal et al. 2002 [68]            | 2             | II               | Dyract      | 96,6            |
| Qvist et al. 2004 [220]            | 7             | II               | Dyract      | 82,0            |
| Pascon et al. 2006 [204]           | 2             | I/II             | Dyract AP   | 69,0 - 81,0     |
| Daou et al. 2009 [60]              | 2             | I/II             | Dyract AP   | 97,2            |
| Akbay et al. 2009 [4]              | 1             | II               | Twinky Star | 96,1            |
| Ertugrul et al. 2010 [84]          | 1             | II               | Compoglass  | 95,7            |
|                                    |               |                  | Twinky Star | 93,0            |
| Sengul/Gurbuz 2015 [242]           | 2             | II               | Dyract AP   | 66,7            |

### 3.1.1.3 Adhäsiv-Systeme

Zwischen hydrophoben Füllungsmaterialien und der hydrophilen, inhomogenen Zahnhartsubstanz müssen Adhäsiv-Systeme eingesetzt werden, um einen adhäsiven Haftverbund zu erzeugen [62,94].

Um Kompomere auf der Schmelzoberfläche zu befestigen, ist eine vorherige chemische Konditionierung erforderlich [62,108,187,220,223]. Zur Schaffung einer retentiven Schmelzoberfläche führte Buonocore 1955 die Ätzung mit 37%iger Phosphorsäure ( $H_3PO_4$ ) ein [40]. Bei der sogenannten Säure-Ätz-Technik werden Kalziumionen durch Ätzung herausgelöst und durch Komplexbildung mit Phosphationen dem chemischen Gleichgewicht entzogen. Das Ergebnis ist eine partielle Auflösung der Kristallstruktur des Hydroxylapatits und ein so entstehendes retentives Ätzmuster.

Durch die so aufgeraute Oberfläche tritt eine Oberflächenvergrößerung ein, die sich positiv auf den adhäsiven Verbund auswirkt. Zusätzlich kommt es zu einer Erhöhung der Oberflächenspannung, sodass ein besseres Benetzen der Oberfläche mit dem Haftvermittler gewährleistet ist [93]. Auf diese Weise kann zwischen der Zahnhartsubstanz und dem ausgehärteten Haftvermittler eine feste Verzahnung entstehen, die auf der Ausbildung von Zapfen (tags) in den Porositäten der Zahnhartsubstanz beruht [207].

Der Schmelz von Milchzähnen weist Unterschiede zu dem bleibender Zähne auf (vgl. 3.1.2.5). Eine Ätzdauer des Milchzahnschmelzes von 30 Sekunden mit 30- bis 40%iger Phosphorsäure wird nach Entfernung der prismafreien Schmelzoberfläche als ausreichend angegeben [127]. Da die Stärke des Schmelzmantels zum Seitenzahnbereich hin stark abnimmt, ist ein selektives Ätzen des Schmelzes praktisch schwer realisierbar: Ein Anätzen des gering mineralisierten Milchzahndentins über die empfohlene Ätzdauer von 7 bis 10 Sekunden [20,102,233] hinaus birgt die Gefahr einer Überätzung [162].

Die Ätzdauer des Schmelzes ist, im Gegensatz zu der des Dentins, weniger problematisch. Dies liegt an der speziellen Struktur des Dentins, das durch die mit Flüssigkeit gefüllten Dentintubuli stets eine gewisse Feuchtigkeit aufweist. Bei zu langer Konditionierung des Dentins werden die Kollagenfasern überexponiert und können leicht kollabieren. Dieser Zusammenfall der Fasern ist unerwünscht, da er zu einer barriereartigen Schmierschicht führt, die eine ausreichende Oberflächenbenetzung sowie die Penetration der Dentintubuli behindert. Die Folge ist eine ungenügende Dentinversiegelung, die

unweigerlich zu postoperativen Sensibilitäten bis hin zum Abreißen des Dentin-Füllungsverbands führt [92,206,210]. Aufgrund der Kollapsgefahr der Kollagenfasern ist eine Übernahme der Einwirkzeiten von Dentinhaftvermittlern bleibender Zähne auf Milchzähne nicht zulässig [160].

Die sehr hohe Anfälligkeit für Verarbeitungsfehler wird als großes Problem der Dentinhaftung angesehen [93]. Durch Fehler im Behandlungsablauf kann der adhäsive Verbund unvollständig oder herabgesetzt sein [91]. Überätzen und Übertrocknen des Dentins sind die häufigsten Ursachen für eine beeinträchtigte Adhäsion und post-operative Sensibilitäten. So kamen Frankenberger und Mitarbeiter in ihrer Arbeit zu einer Aussprengungsquote im Milchzahndentin von 20 % für das Einflaschenadhäsiv Prime&Bond 2.1 (Dentsply) [90]. Weitere Gründe für das Scheitern des adhäsiven Verbunds stellen eine zu kurze Einwirkzeit und/oder eine unvollständige Polymerisation des Dentinhaftvermittlers sowie eine Kontamination der Kavität mit Speichel oder Blut dar [91].

Klassische Etch-and-Rinse-Systeme zeigen an Milchzähnen signifikant geringere Haftwerte als an permanenten Zähnen [190,241]. Für selbstätzende Adhäsiv-Systeme konnten hingegen keine Unterschiede nachgewiesen werden [190]. Mit selbstätzenden Adhäsiv-Systemen können auch an kariös alteriertem Milchzahndentin adäquate Haftwerte erzielt werden [233]. Ein Haftvermittler, der die Applikationstechnik des „wet bonding“ unterstützt, ist das selbstätzende Dentinadhäsiv Prime&Bond NT (Dentsply), das ohne die Säure-Ätz-Technik auskommt. Das „wet bonding“ steht für eine Art der Adhäsivtechnik, bei der auf ein intensives Trocknen der Dentinoberfläche vor dem Auftragen des Haftvermittlers verzichtet wird [205]. Im Zuge dieses Prozesses, bei dem eine natürliche Restfeuchtigkeit (smear layer) bestehen bleibt, ist es von besonderer Bedeutung, die Oberfläche des Dentins vor exzessiver Trocknung zu schützen und das damit verbundene Kollabieren des Kollagennetzwerks zu verhindern, um ein Penetrieren des Adhäsivs in die Dentintubuli gewährleisten zu können [205,207]. Bei diesem Vorgehen kann ein Überätzen des Milchzahndentins vermieden werden [162]. Verwendet werden sollte beim „wet bonding“ ein auf Aceton als Lösungsmittel basierender Haftvermittler, der, bedingt durch seine leichte Verdunstung und seinen wasserverdrängenden Effekt, eine eher nasse Oberfläche benötigt, um eine solide Haftkraft zum Dentin zu erreichen [9,81]. Der Haftvermittler wird vor dem Auftragen des Kompomer-materials ein- bis zweimal auf die Kavitätenoberfläche appliziert und jeweils für zehn

Sekunden lichtgehärtet. Er penetriert in die Kollagenschicht sowie in die Dentinkanälchen und stellt den Verbund zwischen mikroretentivem Muster der Zahnhartsubstanz und Füllungsmaterial her (Hybridschicht). Dentinhaftvermittler sollten gute Benetzungseigenschaften haben, damit sie die Mikrorauigkeiten ausfüllen können [62, 94].

Beim Vergleich von Mehrflaschenadhäsiven und Einflaschenadhäsiven ergab sich für viele Systeme kein Vorteil für die aufwendigere Mehrflaschen-Variante [73,90,100,234]. Der Trend geht zu einer Vereinfachung der Anwendung durch Verringerung der Anzahl der einzelnen Arbeitsschritte mittels Kombination der Systemkomponenten. Unter der Maßgabe, die Behandlungsdauer für Kinder möglichst gering zu halten, bietet sich die Verwendung eines Einflaschenadhäsivs beziehungsweise eines Haftvermittlers mit nur einem Applikationsschritt an [94,96,111]. Diese selbstätzenden Adhäsiv-Systeme bieten die Möglichkeit, ohne vorherige Ätzung eine adhäsive Verbindung an Schmelz und Dentin vorzunehmen [96] und konnten in der Vergangenheit überwiegend gute Werte für Schmelz- und Dentinhaftung erreichen [1].

### **3.1.2 Die Versorgung kariöser Läsionen im Milchgebiss mit Füllungen**

Viele Jahre lang waren konfektionierte Stahlkronen eines der bevorzugten Therapiemittel für die Behandlung von Kindern mit stark zerstörten Milchzähnen [44,48,134]. Diese Methode erzielte gute Resultate und kann durch eine einmalige restaurative Maßnahme viele Milchzähne vor ihrer vorzeitigen Extraktion retten [48,72,87,88,134,152, 224,226,269]. Dennoch wird die Vermeidung des fortwährenden Gebrauchs von Stahllegierungen, die Nickel und Chrom enthalten, wegen ihres allergenen Potenzials in der Zahnheilkunde sowohl von Ärzten als auch Eltern gefordert [48]. Hinzu kommt die Fortentwicklung adhäsiver Füllungsmaterialien, die – belegt durch klinische Studien – mittlerweile auf Augenhöhe mit den Kinderkronen stehen, wenn es um die Versorgung von ausgedehnten kariösen Defekten geht [60,68,84,88,204,220].

Viele Studien haben sich mit dem klinischen Vergleich von Amalgam-Restaurationen und plastischen Füllungsmaterialien (Glasionomerzemente, Kompomere oder Komposite) als Restaurationswerkstoffe für mehrflächige Kavitäten in Milchmolaren auseinandergesetzt [22,60,68,79,98,101,116,117,174,199,218,249].

Allesamt attestieren den Amalgam-Füllungen durchweg zufriedenstellende bis gute klinische Resultate. Zum Zeitpunkt der Studien war die Entwicklung der plastischen Restaurationsmaterialien noch nicht so weit vorangeschritten, wie dies heute der Fall ist, und die erwähnten Studien unterscheiden sich bezüglich der Studiendauer, Lokalisation sowie Größe der Kavitäten.

Amalgam war über mehrere Jahrzehnte die tragende Säule in der restaurativen Behandlung der ersten Dentition [48,129,220]. Silber-Quecksilber-Amalgam-Füllungen als Restaurationmaterial für Milchzahnkavitäten sind preisgünstig, anwenderfreundlich und langlebig [129,178,262], gelten aber dennoch als antiquiert [44,111,269] und sollen nach Vorgaben des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) seit 1992 nicht mehr bei Milchzähnen eingesetzt werden [117]. Diese Forderung basiert auf ästhetischen und potenziell toxikologischen Aspekten der Amalgame [68,101,129,227]. Plastische Füllungsmaterialien sind Amalgamen inzwischen in nahezu allen Belangen (Ästhetik, minimalinvasive Präparation, adhäsiver Verbund) überlegen [68,98,101,129,223,236,249,265] und eignen sich bestens für die Versorgung kariöser Läsionen im Milchgebiss [68,110,129,157,158,178,223,249].

### **3.1.2.1 Amalgam- versus Glasionomerzement-Füllungen**

Engelsmann et al. haben den Langzeiterfolg von Amalgam und Glasionomerzement (GIZ; Ketac Fil, Espe) als Füllungsmaterialien für Milchmolarenkavitäten verglichen. Insgesamt kamen die Autoren zu einem nahezu gleichen Prozentsatz klinisch akzeptabler Füllungen beider Materialien. Ihre Untersuchungen ergaben ein besseres Abschneiden der GIZ-Füllungen gegenüber den mit Amalgam gefüllten Klasse-I-Kavitäten. Bei Klasse-II-Füllungen hingegen erzielte Amalgam als Füllungsmaterial bessere Ergebnisse. Sie schlussfolgerten aus ihren Ergebnissen einen möglichen Einsatz des GIZ anstelle von Amalgam als Füllungsmaterial für Klasse-I-Kavitäten [79].

Hickel und Voss untersuchten 1990 die Effizienz von GIZ (Ketac Silver, Espe) und Amalgam (Amalcap SAS, Vivadent) als Füllungsmaterial für Milchmolaren. Die Patienten wurden in sechsmonatigen Kontrollintervallen untersucht. Die durchschnittliche Überlebensrate der GIZ-Füllungen lag bei 2,5 Jahren, die der Amalgam-Füllungen bei 2,6 Jahren. Die maximale Überlebensrate beider Materialien betrug 4,4 Jahre. Hickel und Voss erkannten eine etwas niedrigere Versagensquote für Amalgam-Restaurationen gegenüber GIZ-Füllungen, der Unterschied war jedoch nicht signifikant. Die

Autoren deklarierten GIZ als eine brauchbare Alternative zu Amalgam für die restaurative Versorgung von Klasse-I- und Klasse-II-Füllungen in Milchmolaren [116].

Qvist et al. [221] haben die Langlebigkeit von GIZ- und Amalgam-Restaurationen im Milchgebiss verglichen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass 42 % der GIZ- und 20 % der Amalgam-Füllungen im Laufe der achtjährigen Studiendauer repariert oder ersetzt werden mussten. Die Hauptgründe für das Versagen beider Materialien waren Füllungsbruch, endodontische Komplikationen sowie Retentionsverlust. Die mittlere Überlebensrate bei GIZ-Füllungen aller Kavitäten-Klassen lag bei 42 Monaten, die Überlebensrate der Amalgam-Restaurationen überstieg 7,8 Jahre. Aufgrund ihrer Resultate kamen Qvist et al. zu der Aussage, konventionelle Glasionomerzemente seien als Alternative zu Amalgam für die Restauration von Milchzähnen ungeeignet [221]. Allerdings ist zu beachten, dass in dieser Arbeit weder die betroffenen Milchzähne noch die Kavitäten-Klassen aufgeschlüsselt wurden.

### **3.1.2.2 Amalgam- versus Komposit-Füllungen**

Barr-Agholme et al. [22] haben die Überebensraten von Amalgam (Dispersalloy, Lee Pharmaceuticals Corp.) und Komposit (P30, 3M Espe) für Klasse-II-Kavitäten in Milchmolaren in Abhängigkeit von der individuellen Kariesaktivität untersucht. Die Kinder wurden in sechsmonatigen Abständen kontrolliert, professionelle Zahnreinigungen vorgenommen sowie fluoridiert (Duraphat, Woelm-Pharma). Untersucht wurden die Restaurationen mittels Bissflügelaufnahmen und USPHS-Kriterien (United States Public Health Service). Nach zwei Jahren wurden 88 % der Komposit-Füllungen als klinisch ideal oder klinisch akzeptabel eingestuft, jedoch nur 68 % der Amalgam-Füllungen. Die Autoren sahen Komposit für Klasse-II-Kavitäten als eine akzeptable Alternative zu Amalgam an [22].

### **3.1.2.3 Amalgam- versus Glasionomerzement- versus Komposit-Füllungen**

Östlund et al. [199] haben Amalgam (ANA 2000, ANA), Komposit (Occlusin, ICI) und GIZ (ChemFil II, Kerr) auf ihr klinisches Verhalten in Klasse-II-Kavitäten an zweiten Milchmolaren verglichen. Die Füllungen wurden jeweils nach einer Woche, einem, zwei sowie drei Jahren anhand der USPHS-Kriterien bewertet. Nach Ablauf des Untersuchungszeitraums wurden 92 % der Amalgam-Restaurationen als klinisch ideal oder klinisch akzeptabel beurteilt, bei den Komposit-Restaurationen erhielten 84 % diese Bewertung, bei den GIZ-Restaurationen nur 40 %. Die Misserfolgsquote nach drei Jahren

lag für Amalgam-Füllungen bei 8 %, für Komposit-Füllungen bei 16 % und für die GIZ-Füllungen bei 60 %. Die Autoren beurteilten daher das klinische Langzeitverhalten der Amalgam-Restaurationen als gut, das der Komposit-Restaurationen als akzeptabel und von GIZ als definitivem Füllungsmaterial für Klasse-II-Kavitäten rieten sie ab [199].

Fuks et al. [98] haben kunststoffverstärkten GIZ (Vitremmer, 3M Espe), Komposit (Z100, 3M Espe) und Amalgam (Dispersalloy, Dentsply) in Klasse-II-Kavitäten an Milchmolaren verglichen. Klinische Verlaufskontrollen erfolgten nach 6, 12, 18 und 24 Monaten. Zusätzlich wurden Röntgenbilder der entsprechenden Zähne angefertigt und, wenn vorhanden, mit älteren Aufnahmen verglichen. Beurteilt wurden die Füllungen anhand modifizierter USPHS-Kriterien. Röntgenologisch sichtbare Defekte am zervikalen Rand waren bei den Komposit-Restaurationen mit 47 % signifikant häufiger als bei den kunststoffverstärkten GIZ- (13 %) und den Amalgam-Restaurationen (11 %). Zusammenfassend bescheinigte die Arbeitsgruppe um Fuks allen drei untersuchten Materialien ein zufriedenstellendes klinisches Abschneiden [98].

#### **3.1.2.4 Amalgam- versus Kompomer-Füllungen**

Marks et al. [174] prüften über zwei beziehungsweise drei Jahre die Qualität von Amalgam (Tytin, Kerr) und Kompomer (Dyract, Dentsply) in Klasse-II-Kavitäten in Milchmolaren. Die Erfolgsquote für die Kompomer-Füllungen lag bei 94,1 %. Für die Bewertung bei den klinischen Kontrolluntersuchungen, die in sechsmonatigen Abständen erfolgte, verwendeten die Autoren die USPHS-Kriterien. Sie fanden, dass die Dyract-Restaurationen im Vergleich zu den Amalgam-Füllungen eine bessere marginale Adaptation sowie eine bessere Oberflächenbeschaffenheit zeigten. Gleichwohl waren nach drei Jahren lediglich eine Dyract- und zwei Amalgam-Füllungen verlorengegangen. Aus diesem Resultat resümierten die Autoren ein zufriedenstellendes Ergebnis beider Materialien für Klasse-II-Restaurationen in Milchzähnen [174].

Eine britische Arbeitsgruppe [68] hat das klinische Verhalten eines Kompomers (Dyract, Dentsply) und eines Amalgams (Contour, Kerr) für die Versorgung approximaler kariöser Läsionen (Klasse II) in Milchmolaren verglichen. Sie kamen nach zwei Jahren auf eine Erfolgsquote von 96,6 % für die mit Dyract versorgten Restaurationen. Die klinische Beurteilung erfolgte anhand der USPHS-Kriterien. Kontrolluntersuchungen wurden nach 6, 12, 18 und 24 Monaten durchgeführt. Die Retentionsrate war für beide Werkstoffe annähernd gleich hoch, lediglich vier (6,6 %) Amalgam- und zwei (3,3 %) Kom-

pomer-Füllungen versagten innerhalb der 24 Monate. Die Autoren fanden eine signifikant bessere Randqualität für die Kompomer-Restaurationen und sahen in Dyract eine geeignete Alternative zu Amalgam für Klasse-II-Kavitäten in Milchmolaren [68].

Kavvadia et al. [148] untersuchten das klinische Verhalten eines Kompomers (F2000, 3M Espe) und eines Amalgams (Dispersalloy, Dentsply) als Füllungswerkstoffe für Klasse-II-Kavitäten in Milchmolaren über zwei Jahre. Die Restaurationen wurden jeweils nach einer Woche sowie nach 6, 12, 18 und 24 Monaten auf ihre Funktionstüchtigkeit untersucht. Für die Evaluation wurden Bissflügelaufnahmen und die USPHS-Kriterien verwendet. Verglichen mit den Kompomer-Restaurationen wiesen Amalgam-Restaurationen nach 24 Monaten eine klinisch bessere Bewertung für die Kriterien *anatomische Form* und *marginale Adaptation* auf. Ein Unterschied beider Werkstoffe hinsichtlich der Verlustrate und der Entwicklung von Sekundärkaries konnte jedoch nicht nachgewiesen werden [148].

Die Arbeitsgruppe um Daou [58] berichtete 2008 über das klinische Ein-Jahres-Verhalten eines Kompomers (Dyract AP, Dentsply), eines lighthärtenden GIZ (Fuji II LC, GC Corporation), eines chemisch härtenden hoch viskösen GIZ (Fuji IX, GC Corporation) sowie eines Amalgams (Permite C, Southern Dental Industries GmbH, Köln) als Füllungswerkstoffe für Klasse-I- und Klasse-II-Kavitäten bei Schulkindern im Libanon. Kontrolliert wurden die Füllungen direkt nach der Fertigstellung, nach 6 und 12 Monaten. Dabei benutzten die Autoren das USPHS-System. Nach einem Jahr erzielten 91 % der kunststoffverstärkten GIZ-Füllungen (Fuji II LC) eine klinisch ideale marginale Adaptation. Dyract AP wies bezüglich marginaler Verfärbungen mit 16,7 % die höchste Anzahl an klinisch akzeptablen Bewertungen auf. Daou et al. schlussfolgerten, dass der lighthärtende GIZ (Fuji II LC) eine geeignete Alternative zu Amalgam nicht nur für Klasse-I- sondern auch für Klasse-II-Restaurationen in Milchmolaren darstellt [58].

In einer weiteren Studie prüften Daou und Mitarbeiter 2009 die klinische Bewährung von Amalgam- (Septalloy, Septodont) und Kompomer- (Dyract, Dentsply) Restaurationen in Milchmolaren. Die Füllungen wurden direkt nach dem Legen sowie nach 12, 24 und 36 Monaten mithilfe der USPHS-Kriterien klinisch untersucht. Es stellte sich heraus, dass die marginale Adaptation der okklusalen Füllungsänder bei Kompomer-Restaurationen signifikant besser war als bei den Amalgam-Füllungen. Allgemein zeigte sich jedoch

kein bedeutsamer Unterschied in der klinischen Qualität beider Materialien. Die Auswertungen zeigten eine akzeptable Qualität für beide untersuchten Füllungsmaterialien [59].

Tabelle 2 fasst die Studienergebnisse der oben genannten Arbeiten zusammen.

**Tabelle 2: Milchzahn-Füllungstherapie mit Amalgam und plastischen Materialien**

| Studie                        | Vergleich von                | Kavitäten-Klasse | Dauer [Jahre] | Interpretation               | Erfolgsrate [%]                     |
|-------------------------------|------------------------------|------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Engelsmann et al. 1988 [79]   | Am vs. GIZ                   | I/II             | > 2,5         | I: GIZ besser, II: Am besser | /                                   |
| Hickel/Voss 1990 [116]        | Am vs. GIZ                   | I/II             | 2,5           | Am/GIZ gleichwertig          | Am: 79,4<br>GIZ: 75,5               |
| Barr-Agholme et al. 1991 [22] | Am vs. Komp                  | II               | 2             | Komp Alternative             | Am: 68,0<br>Komp: 88,0              |
| Östlund et al. 1992 [199]     | Am vs. GIZ vs. Komp          | II               | 3             | Am gut, Komp akzeptabel      | Am: 92,0<br>Komp: 84,0<br>GIZ: 40,0 |
| Marks et al. 1999 [174]       | Am vs. Komp                  | II               | 3             | Komp Alternative             | Am: 88,2<br>Komp: 94,1              |
| Fuks et al. 2000 [98]         | Am vs. GIZ vs. Komp          | II               | 2             | Am/GIZ/Komp gleichwertig     | Am: 89,0<br>GIZ: 87,0<br>Komp: 53,0 |
| Duggal et al. 2002 [68]       | Am vs. Komp                  | II               | 2             | Komp Alternative             | Am: 93,4<br>Komp: 96,6              |
| Qvist et al. 2004 [221]       | Am vs. GIZ                   | /                | 8             | Am besser als GIZ            | Am: 80,0<br>GIZ: 58,0               |
| Kavvadia et al. 2004 [148]    | Am vs. Komp                  | II               | 2             | Am/Komp gleichwertig         | /                                   |
| Daou et al. 2008 [58]         | Am vs. GIZ vs. vGIZ vs. Komp | I/II             | 1             | GIZ Alternative zu Am        | /                                   |
| Daou et al. 2009 [59]         | Am vs. Komp                  | I/II             | 3             | Komp geeignet für I/II       | /                                   |

(/ = nicht angegeben; **Am** = Amalgam; **Komp** = Komposit; **Komp** = Kompomer; **GIZ** = Glasionomerzement; **vGIZ** = hoch visköser Glasionomerzement)

### 3.1.2.5 Unterschiede in der adhäsiven Füllungstherapie bei Kindern und Erwachsenen

Verglichen mit der permanenten Dentition ist die Langlebigkeit von Restaurationen im Milchgebiss für alle verwendeten Füllungsmaterialien signifikant unterschiedlich. Diese Tatsache macht die Betrachtung der Milchzahnrestaurationen als separate Gruppe sinnvoll [118].

Die Ursachen klinischer Misserfolge im Zuge der Füllungstherapie im Milchgebiss können vielfältig sein:

- Sekundärkaries [9,41,97,119,157,266]
- Polymerisationsschrumpfung des Füllungsmaterials [13]
- Unzureichende Abrasionsfestigkeit und Kantenstabilität [79,119]
- Retentionsverlust [9,220,223]
- Füllungsbruch [9,97,119,218,266]
- Apikale Parodontitiden, Abszesse, Fisteln [220,223]

Die Bedürfnisse der Restauration eines Zahnes der ersten Dentition unterscheiden sich von denen der permanenten Dentition [88]. Die Unterschiede liegen einerseits begründet in der limitierten Lebenserwartung der Milchzähne, andererseits in der sehr variablen Compliance der Kinder sowie der andersartigen Morphologie der Milchmolaren [151,158,160,193]. Für die Kariestherapie im Milchgebiss gelten im Prinzip die gleichen Grundsätze wie bei der Versorgung bleibender Zähne, für die klinische Praxis sind jedoch mikro- und makromorphologische Besonderheiten von Bedeutung [160]. Bei Einsatz der Adhäsiv-Technik sind die in Tabelle 3 zusammengefassten Merkmale der Zähne der ersten Dentition zu berücksichtigen [160,169,253].

**Tabelle 3: Unterschiede zwischen Milch- und bleibenden Zähnen [160]**

| <b>Makromorphologie der Milchzähne</b>  | <b>Mikromorphologie der Milchzähne</b>  |
|---|---|
| Der Schmelzmantel ist an keiner Stelle dicker als 1 mm  | Die Schmelzoberfläche ist weitgehend prismenlos (Schichtstärke 30 - 100 µm)   |
| Die Pulpenkammer der Milchzähne ist relativ größer, und die Pulpahörner liegen exponierter  | Die Schmelzprismen im Zervikalbereich steigen von der Schmelz-Dentin-Grenze nach okklusal an  |
| Die Kauflächen der Milchmolaren sind schmaler, ihre Bukkal- und Lingualflächen divergieren in Richtung auf einen deutlich ausgeprägten zervikalen bzw. basalen Schmelzwulst | Der Mineralgehalt des Milchzahnschmelzes ist geringer als bei der bleibenden Dentition  |
| Die Milchmolaren haben einen breiteren und flächigen Approximalkontakt  | Bei Milchzähnen ist der pränatal gebildete Schmelz deutlich weniger dicht mineralisiert als der postnatale Schmelzmantel  |
|   | Einzelne Komponenten innerhalb des Milchzahndentins sind deutlich dicker als in der bleibenden Dentition (Dentintubuli sind größer, das peritubuläre Dentin ist deutlich ausgeprägt) und der Mineralgehalt des intertubulären Dentins ist geringer als in der permanenten Dentition |

Fast alle restaurativen Maßnahmen können sowohl im bleibenden Gebiss als auch im Milchgebiss ausgeübt werden [44,160,250]. Allerdings warnen einige Autoren vor der besonderen Morphologie der Milchzähne und den damit verbundenen Besonderheiten in der zahnärztlichen Behandlung [193,229,250]. Die größere Ausdehnung von Pulpa und Pulpahörnern im Verhältnis zur Krone sowie die geringeren Schmelz- und Dentinstärken der Dentes decidui führen dazu, dass man sich bei Präparationen schnell in der Nähe der Milchzahnpulpa bewegt [44,193,231,250]. Um im Zuge der Füllungstherapie einen ausreichend adhäsiven Verbund zu gewährleisten, gilt es, die etwa 30 bis 100 µm dicke prismenlose Schmelzschicht der Milchzähne zu beachten, und diese oberflächliche Schicht durch eine Schmelzanschrägung im Randbereich der Kavität zu entfernen [145,158,184]. Als Konsequenz der aprismatischen Schmelzschicht sollen die Retentionsraten von adhäsiven Füllungen im Milchgebiss schlechter sein als im bleibenden Gebiss [250,262].

Der Schmelz von Milchzähnen ist nur halb so dick wie bei den bleibenden Zähnen, und die Schmelzprismen sind etwa 2 µm schmaler [183]. Der geringere Gehalt an Mineralien und das höhere Porenvolumen führen beim Milchzahnschmelz zu einer geringeren Attritionsresistenz [193]. An den zervikalen Schmelzschichten, an denen häufiger kariöse Defekte aufzufinden sind, ist der Schmelz deutlich weniger dicht mineralisiert [192]. Die Kombination aus großflächigen Approximalkontakten der Milchmolaren mit gering mineralisierten Schmelzanteilen und dünnem Schmelzmantel erklärt die rasche Ausbreitung der Karies [44,193]. Van Waes führt das schnelle Fortschreiten der Karies im Milchzahndentin auf die ungleichmäßig verteilten Dentintubuli, das häufigere Auftreten von Mikrokanälen und die insgesamt höhere Dichte von Dentinkanälchen zurück [262]. Die Anordnung dieser Dentintubuli sei für den Verlauf approximaler Läsionen nach marginal verantwortlich [193].

#### **3.1.2.6 Kavitätenpräparation für adhäsive Füllungsmaterialien**

Die Basis jeder Füllungstherapie bildet eine optimale Gestaltung der Kavitätenform. Für das Milchgebiss ist jedoch zu berücksichtigen, dass für die Präparationsgestaltung weniger Spielraum existiert als im bleibenden Gebiss. Insbesondere die Dimension der Milchmolaren ist geringer als diejenige der permanenten Molaren [44,193,250]. Häufige Folgen sind daher Füllungsfrakturen bei zu geringer Extension und Frakturen der Zahnhartsubstanz bei zu großer Extension [240].

Mit der Einführung adhäsiver Füllungsmaterialien eröffnete sich ein breites Spektrum an Gestaltungsmöglichkeiten der Kavitäten, da Kavitätenformen unabhängig von den klassischen Retentionsformen ermöglicht wurden [184,187,254]. Das Kavitätendesign orientiert sich dabei ausschließlich an der Ausbreitung der Karies [74,75,184,185,187].

Allgemeine Richtlinien bei der Präparation von Milchmolarenkavitäten:

- Defektbezogenes Vorgehen [9,74,75,184,185,187,199,254]
- Abrunden aller Winkel und Kanten [9,185,187,199,263]
- Leicht nach okklusal konvergierende Kavitätenwände [263]
- Ansträgen des Schmelzrandes bei Klasse-I-Kavitäten für eine Verbesserung der Randadaptation (Entfernen der prismenarmen Schmelzschicht) [145, 158,184,254]

- Keine Anschrägung des zervikalen Schmelzrandes des approximalen Kastens bei Klasse-II-Kavitäten, da der Verlauf der Schmelzprismen in diesem Bereich nach okklusal verläuft [130,160]

### **3.1.3 Die Versorgung kariöser Läsionen im Milchgebiss mit konfektionierten Stahlkronen**

Eine vorgefertigte Stahlkrone ist die Therapie der Wahl bei ausgedehnten Läsionen der Milchmolaren [25,34,49,61,72,152,156,159,180,236,237,240,250,261,262].

Voraussetzung für die Versorgung mit einer Stahlkrone ist die vollständige Kariesexkavation bei gesunder Pulpa oder vorheriger erfolgreicher endodontischer Therapie [56,161]. Laut mehrerer Autoren ist jedoch das vollständige Exkavieren von Karies nicht Voraussetzung für eine erfolgreiche Versorgung mit konfektionierten Stahlkronen [85,132,135,152,201,225,232,260].

Zur Versorgung von Milchmolaren mit Stahlkronen liegen verschiedene Langzeituntersuchungen vor [13,72,226,227,237,240]. Auf Basis der vorliegenden Studien, kalkulierten Hickel et al. in ihrer systematischen Übersichtsarbeit die jährliche Verlustrate konfektionierter Milchzahnkronen mit lediglich 4,3 % [119].

Viele Autoren konnten zeigen, dass konfektionierte Kronen eine bessere Erfolgsquote erzielten als mehrflächige Amalgam-Füllungen [34,61,72,80,180,203,226]. In einigen Studien war ein paarweiser Vergleich zwischen Amalgamfüllung und konfektionierter Krone, die beide bei demselben Patienten gelegt worden waren, möglich [34,61,72]. Es zeigte sich, dass die Amalgamfüllungen bezüglich der Überlebensdauer deutlich unterlegen waren: Sie mussten in 38 bis 89 % der Fälle erneuert werden [34,61,72]. Zwei Studien verglichen die klinische Langlebigkeit konfektionierter Stahlkronen mit plastischen Füllungsmaterialien: Roberts und Mitarbeiter stellten den Stahlkronen GIZ-Füllungen gegenüber [227], Atieh verglich Stahlkronen mit Komposit-Füllungen [13].

Braff [34] lieferte 1975 eine Erfolgsrate von 70 % für konfektionierte Stahlkronen. 1981 berichteten Dawson und Mitarbeiter eine 87,5%ige Überlebensrate von Stahlkronen [61]. Messer und Levering publizierten 1987 83-89%ige Überlebensraten [180]. Eriksson et al. fanden für konfektionierte Kronen eine Erfolgsquote von 87 % [80]. Roberts und Sherriff haben 1990 eine 92%ige Fünf-Jahres-Überlebensrate von konfektionierten Kronen veröffentlicht [226]. In der Studie von Papathanasiou et al. betrug die Fünf-

Jahres-Überlebensrate der Milchmolaren mit konfektionierten Kronen 68 % [203]. Einwag und Dünninger resümierten eine Acht-Jahres-Überlebensrate der konfektionierten Stahlkronen von 82,8 % [72]. Randall et al. beziehen sich in ihrer Vergleichsarbeit zu konfektionierten Stahlkronen auf 10 Studien mit einer Misserfolgsquote von 1,9 bis 30,3 % innerhalb eines Untersuchungszeitraums von 1,6 bis 10 Jahren [224]. Roberts und Mitarbeiter erzielten eine 97%ige Erfolgsquote für mit Stahlkronen versorgte Milchmolaren [227], Atieh kam zu einer Zwei-Jahres-Überlebensrate der Stahlkronen von 95 % [13].

Die Heterogenität der Ergebnisse lässt sich mit dem breiten Zeitspektrum, von 1975 bis 2008, und den damit verbundenen Unterschieden in Kariesprävalenz, Behandlungsfertigkeiten, Selektion der Patienten und Studienmethodik erklären. Die relativ hohe Misserfolgsquote von 30 %, über die Braff berichtete [34], wird darauf zurückgeführt, dass zu dieser Zeit noch keine vollkonfektionierten Kronen zur Verfügung standen [72].

Tabelle 4 fasst die Ergebnisse der oben genannten Studien zusammen.

**Tabelle 4: Vergleich von Kronen- und Füllungsrestaurationen im Milchgebiss**

| Studie                          | Vergleich von | Kavitäten-Klasse | Stichproben-größe  | Dauer [Jahre] | Patienten-alter* [Jahre] | Erfolgsrate der SSC [%] |
|---------------------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------|--------------------------|-------------------------|
| Braff 1975 [34]                 | SSC vs. Am    | II               | 76 SSC, 150 Am     | 2,7           | Ø 4,2                    | 70,0                    |
| Dawson et al. 1981 [61]         | SSC vs. Am    | II               | 64 SSC, 102 Am     | 2             | Ø 5,5                    | 87,5                    |
| Eriksson et al. 1988 [80]       | SSC vs. Am    | II               | 104 SSC            | 3             | 6-7                      | 87,0                    |
| Messer/Levering 1988 [180]      | SSC vs. Am    | II               | 331 SSC, 1.117 Am  | 5             | Ø 5,5                    | 83,0-89,0               |
| Roberts/Sherriff 1990 [226]     | SSC vs. Am    | II               | 673 SSC, 706 Am    | 10            | SSC: /, Am: 6-7          | 92,0                    |
| Papathanasiou et al. 1994 [203] | SSC vs. Am    | I/II             | 183 SSC, 198 Am    | 2             | 3-5                      | 68,0                    |
| Einwag/Dünninger 1995 [72]      | SSC vs. Am    | II               | 66 SSC, 66Am       | 8             | /                        | 82,8                    |
| Roberts et al. 2005 [227]       | SSC vs. GIZ   | I/II             | 1010 SSC, 1506 GIZ | 7             | /                        | 97,0                    |
| Atieh 2008 [13]                 | SSC vs. Komp  | /                | 80 SSC, 80 Komp    | 2             | Ø 5,5                    | 95,0                    |

(/ = nicht angegeben; Ø = durchschnittliches Patientenalter zum Zeitpunkt der Insertion; **SSC**= Stainless steel crown; **Am** = Amalgam; **Komp** = Komposit; **GIZ** = kunststoffverstärkter Glasionomerzement; \* = zu Beginn der Studie)

### 3.1.3.1 Eigenschaften konfektionierter Stahlkronen im Milchgebiss

Heute gibt es den anatomischen Verhältnissen der Milchmolaren angepasste Kinderkronen, die im Zervikalbereich so geformt sind, dass sie eine ausreichende Retention und durch den Federrand eine fest-elastische Passung (Schnapp-Effekt) garantieren [224,225,231,236]. Dieser dünn auslaufende elastische Federrand soll einen akzeptablen Randschluss ermöglichen [88,161,224,225,236]. Auf diese Weise ist vom Behandler nur noch eine minimale individuelle Anpassung des Randes an den zervikalen Schmelzwulst in Form einer Kaltverformung mittels spezieller Konturierzangen (beispielsweise Triplex WF93, Kohler Medizintechnik; Kronenzange 800421, 3M Espe) nötig, und der Behandlungsablauf ist schnell [87,161,240].

Der zervikale Bereich der Milchmolaren ist schmal und stark gewölbt (zervikaler Schmelzwulst). Unterhalb dieses Schmelzwulstes erhalten die Kronen im zervikalen Drittel, auf Höhe des Gingivalrands ihren Halt (Druckknopf-Prinzip) [87,88,161,224,225,231,236].

Von einer konfektionierten Krone wird ein gutes Harmonieren mit der habituellen Okklusion des Patienten verlangt samt einer glatt gestalteten Oberfläche, die die Gingiva schont und vor Irritationen schützt sowie die Plaque-Adhäsion minimiert [161]. Hierzu ist, dem Höcker-Fissuren-Relief entsprechend, ein okklusaler Substanzabtrag von etwa 1,5 bis 2 mm nötig [87,88,152,225,231,236-238]. Diese Forderung ist wichtig, weil die konfektionierten Kronen wegen der vorgeformten Fissur nicht adaptiert werden können [236].

Die okklusale Oberfläche konfektionierter Stahlkronen ist flach, um eventuelle Fehlbelastungen oder Zwangsführungen zu vermeiden [236]. So wird die Okklusalfäche der Krone durch sanft verformende Kraft dem Höcker-Fissuren-Relief des entsprechenden Milchmolaren nachempfunden. Mit dieser Ausformung ist eine möglichst glatte und ebenmäßige Gestaltung der Kronenfläche gemeint, die auf diese Weise weder zu okklusalen noch zu hygienischen Interferenzen führt [161,236]. Eine solche Verformung wird durch die geringe Dicke der Krone von etwa 0,7 mm ermöglicht [88].

Um bukkal und oral ausgeprägtes Präparieren zu vermeiden, muss der orovestibuläre Durchmesser der Krone breiter sein als die klinische Krone des behandelten Milchmolaren. Der Grund für einen nur minimalen Substanzabtrag der oralen und bukkalen Flä-

chen ist der unbedingte Erhalt des zervikalen Schmelzwulstes, der für die Retention der konfektionierten Krone verantwortlich ist [236].

Approximal ist die Krone wenig ausladend [115,161,236]. Die Approximalflächen müssen stufenlos präpariert werden, dabei sollen die Approximalkontakte aufgelöst werden [152,225,236]. Die Übergänge zwischen den approximalen und oralen/bukkalen Zahnflächen müssen abgerundet werden [88,115,152,225,231].

Der Kronenrand sollte überall einen Abstand von etwa 1 mm zur Schmelz-Zement-Grenze aufweisen und dünn auslaufen [152,160,231]. Dazu muss die Kinderkrone 1 bis 2 mm länger sein als die durchschnittliche klinische Kronenlänge des entsprechenden Zahnes, weil sonst keine Anpassung möglich ist [87,88,152,161]. Das Zementieren der Kinderkronen erfolgt mit einem beliebigen Zement (Zinkoxidphosphat-, Carboxylat- oder Glasionomerzement) [99,152,225]. Hierbei wird die angepasste Stahlkrone lingual aufgesetzt und bukkal über den Schmelzwulst geführt, sodass der Zementüberschuss bukkal austritt [231].

Für die Herstellung von Stahlkronen werden rostfreie Chrom-Nickel-Stahl-Legierungen (Eisen: 64,9-70,9 %, Chrom: 18-20 %, Nickel: 8-12 %, Magnesium max. 2 %, Silicium max. 1 %, Phosphor max. 0,045 %, Schwefel: 0,03 %) verwendet [236,269], die einen hohen Härtegrad und eine hohe Abrasionsfestigkeit garantieren sowie eine gute Korrosionsstabilität besitzen [161,236].

### **3.1.3.2 Die Hall-Technik als Eingliederungsvariante konfektionierter Kronen**

Das Vorhaben einer in Schottland praktizierenden Zahnärztin (N. Hall) war es, eine alternative Herangehensweise für die Behandlung kariöser Milchzähne zu entwickeln. Die Hall-Technik stellt eine vereinfachte Methode dar, Kinderkronen auf kariös zerstörte Milchmolaren zu setzen. Für diese Technik ist es weder erforderlich, ein Lokalanästhetikum zu injizieren, noch Karies zu exkavieren beziehungsweise den Zahn zu präparieren [135,152,225,260]. Die Indikation für eine Überkrönung ist das Vorhandensein einer bis ins Dentin reichenden Approximalkaries. Von der Therapie ausgeschlossen sind Zähne mit pulpitischen Symptomen [231]. Die konfektionierte Krone wird mit Glasionomerzement (AquaCem, Dentsply) gefüllt und mittels Fingerdruck und Okklusionskraft des Patienten ohne vorherige Präparation einzementiert.

In einer retrospektiven Analyse untersuchten Innes et al. Kinderkronen, die von 1988 bis 2001 von Hall in ihrer allgemein Zahnärztlichen Praxis gemäß der Hall-Technik eingegliedert wurden. Im Laufe dieser 13 Jahre wurden 978 Kronen bei 259 Kindern eingesetzt. Die Drei-Jahres-Überlebensrate der Restaurationen betrug – ohne dass der entsprechende Zahn extrahiert werden musste und ohne einen Verlust der Krone – 73,4 %, die Fünf-Jahres-Überlebensrate lag bei 67,6 %. Anhand ihrer Analyse konkludierte die Arbeitsgruppe um Innes eine ähnlich positive Erfolgsrate der nach der Hall-Technik eingegliederten Kronen wie für andere Restaurationsmethoden [132,135]. Um die Generalisierbarkeit der Methode nach Hall evaluieren zu können, wurde bereits im Jahr 2000 eine Pilotstudie zu dieser Technik von einer Arbeitsgruppe um Evans durchgeführt. Heraus kam eine große Akzeptanz der Patienten, Eltern und Zahnärzte [85]. Die neueste publizierte Befragungsstudie aus Neuseeland, in der Kinder und Eltern direkt nach der Behandlung zum Wohlbefinden interviewt wurden (Behandlungszeitraum 1. Dezember 2011 bis 31. Mai 2012), ergab ebenfalls einen hohen Akzeptanzgrad gegenüber der Hall-Technik [201]. Eine weitere klinische Studie aus dem Jahr 2014 konnte die Überlegenheit der Hall-Technik gegenüber konventioneller Kariesbehandlung bei Milchmolaren dokumentieren [232]. Nach einem Jahr zeigten die nach der Hall-Technik behandelten Zähne signifikant höhere Erfolgsraten. Gründe für die besseren Resultate liegen höchstwahrscheinlich in der durch die Krone erzielten kompletten Isolierung des Zahnes gegenüber dem Biofilm der Mundhöhle, sodass eine Arretierung der Läsionsprogression erreicht werden kann. Zudem mag der Einsatz von Glasionomierzement als Befestigungszement für einen zusätzlichen Nutzen bei der Remineralisation sorgen.

### **3.1.3.3 Probleme im Zuge der Kronenversorgung im Milchgebiss**

Die Verwendung konfektionierter Milchmolarenkronen kann mit Komplikationen wie Reaktionen der Gingiva einhergehen [47,71,188].

Die Tatsache, dass der Rand konfektionierter Stahlkronen durch den erforderlichen „Schnapp-Effekt“ immer subgingival liegt, wirft zwangsläufig die Frage nach der parodontalen Verträglichkeit auf [236]. Myers stellte bereits 1975 einen Zusammenhang zwischen dem fehlerhaften Einsetzen von Stahlkronen und klinisch nachweisbarer Gingivitis fest [188]. Auch Einwag kam zu der Aussage, dass eine Irritation der marginalen Gingiva bei einer Kronenrestauration im Milchgebiss nicht zu vermeiden ist. Er konnte nachweisen, dass eine permanente Irritation durch den Kronenrand zu einer chroni-

schen Gingivitis führt [71]. Es konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen Verweildauer der Kronen und Ausmaß der Gingivairritationen beobachtet werden [47,71].

Sharaf und Farsi [243] fanden, dass eine proximale Knochenresorption weder mit der marginalen Adaptation, der Qualität des Kontaktpunkts zum Nachbarzahn, der Mundhygiene des Patienten noch mit der Verweildauer der Krone im Mund signifikant assoziiert ist. Andererseits zeigte sich Knochenabbau an Zähnen, deren Krone zuvor röntgenologisch als ungenügend bewertet wurde [243]. Auch Bimstein et al. konnten keine direkte Korrelation zwischen konfektionierten Stahlkronen und approximaler Knochenresorption nachweisen [26-28]. Dagegen berichteten Bimstein und Mitarbeiter 1996 von einem Zusammenhang zwischen der Resorption von Alveolarknochen und inadäquat eingesetzten konfektionierten Stahlkronen im Milchgebiss [29].

In seltenen Fällen kann eine konfektionierte Krone, die auf einem endständigen Milchmolaren zementiert ist, den Durchbruch des Sechsjahr-Molaren behindern [25,54]. Zahlreiche Studien haben über die gingivale Unversehrtheit von Milchmolaren berichtet, die mit konfektionierten Stahlkronen restauriert wurden. Die Ergebnisse einiger dieser Studien zeigen, dass sich Kinderkronen mit gut bis ordentlich konturierten Kronenrändern überdies förderlich auf Mundhygiene, Plaqueakkumulation und Gingiva auswirken [47, 69,71,114].

Ein weiterer Aspekt, der vor allem bei Eltern Skepsis gegenüber einer Kronenversorgung im Milchgebiss aufkeimen lässt, ist die Möglichkeit der Freisetzung und systemischen Anhäufung von Schwermetallen aus Stahlkronen, die möglicherweise zur Entwicklung von Allergien beitragen können. Hierzu existiert eine Studie aus Japan, in der die Freisetzung von Chrom und weiteren Hauptbestandteilen konfektionierte Kronen (3M) anhand von Haarproben einer Kronen- sowie einer Kontrollgruppe untersucht wurde [156]. Heraus kam ein signifikanter Unterschied in der Chrom-Konzentration der Haarproben. Für andere getestete Komponenten (Nickel, Eisen) ergaben die Tests keine signifikanten Unterschiede. Die Autoren weisen darauf hin, dass sowohl die Anzahl als auch die Tragedauer der Kronen im Mund eines Patienten Einfluss auf den Freisetzungsgrad haben, und kommen zu dem Schluss, dass die Freisetzung von Kronenbestandteilen keine systemischen Auswirkungen nach sich zieht.

### 3.1.3.4 Indikationen und Kontraindikationen für konfektionierte Kronen

Bei Patienten, wo die Größe der kariösen Läsionen mehrere restaurative Optionen zulässt, müssen zusätzlich zum Zustand des Zahnes weitere Faktoren berücksichtigt werden, sodass die Entscheidung für oder gegen eine Therapieform komplexer wird. Kariesrisikofaktoren, Dauerhaftigkeit der Restauration und Wirtschaftlichkeit sind solche Aspekte.

Im Folgenden sind eindeutige Indikationsgebiete für konfektionierte Kronen aufgeführt:

- Milchzähne mit Karies an mehreren Zahnflächen (> 2) [7,14,25,34,44,49,72,87,105,152,153,156,161,180,225,231,236-238,240,262,269]
- Breitflächige Approximalläsionen [87,236]
- Restauration frakturierter Milchmolaren [152]
- Milchmolaren mit Mineralisationsstörungen, wie Amelogenesis imperfecta, Dentinogenesis imperfecta oder HSPM (Hypomineralized Second Primary Molars) [49,77,104,105,119,152,161,231,236,240,262,269]
- Nach endodontischen Maßnahmen [25,34,49,152,153,156,161,180,225,231,236,240,262,269]
- Mangelnde Mitarbeit bezüglich der Behandlung oder Mundhygiene sowohl der Kinder als auch der Eltern [87,152,156]
- Kieferorthopädische (Platz-/Lückenhalter) und/oder prothetische Behandlungen (Kinderprothesen) [14,25,34,49,119,152,156,161,180,231,236-238,261,269]
- Bei umfangreichen nicht kariös bedingten Zahnhartsubstanzdefekten (Bruxismus-/Abrasions-/Attritions-/Erosions-Läsionen) zum Schutz der verbliebenen Zahnhartsubstanz [14,49,119,152,261]

Im Vergleich zu adhäsiven Restaurationsmaterialien besteht der Vorteil von Stahlkronen in der unkomplizierteren und schnelleren Verarbeitung im Zuge der Behandlung [23,34,44,105,156,161,170,225,236]. Die Verarbeitungsempfindlichkeit der zahnfarbenen Füllungsmaterialien erfordert zum einen eine gute Mitarbeit im Sinne von ausreichender Kooperationsbereitschaft des Patienten und zum anderen ein Mindestmaß an Zeit für die adäquate Versorgung ausgedehnter Defekte [158,194,237,269]. Eine konfektionierte Krone kann im Idealfall zügiger angepasst und zementiert werden, sodass die Therapie in einer Behandlungssitzung abgeschlossen werden kann [23,44,161,225]. Innes et al. [133] berichten von einer zwölfminütigen Behandlungsdauer für die Anfertigung einer

konfektionierten Krone nach der Hall-Technik. Der Gesamtzeitaufwand für die Erhaltung der Milchmolaren mit Stahlkronen ist nur etwa halb so groß wie bei anderen Restaurationstechniken [80].

Gründe für eine Alternative zu konfektionierten Kronen sind:

- Baldige physiologische Exfoliation des entsprechenden Milchmolaren, die sich durch eine bereits fortgeschrittene Wurzelresorption verifizieren lässt [87, 152,235]
- Nicht erhaltungswürdige Milchmolaren (beispielsweise aufgrund einer Fistel, Gangrän) [87]
- Materialunverträglichkeit im Sinne einer Nickelallergie [87,152,235]
- Durch die Krone verursachte mögliche Durchbruchsbehinderung des Nachfolgers/Nachbarzahns [54]

### **3.2 Bewertungskriterien für das Langzeitverhalten von Restaurationen**

Jedes diagnostische Verfahren hat eigene charakteristische Vorteile und Limitationen bei der Anwendung. Die korrekte Beurteilung der Approximalfächen von Milchmolaren ist schwierig, da sich diese in der Regel einer visuellen Untersuchung entziehen [113] und es noch schwieriger ist, nicht kavitierte Läsionen zu entdecken. Für eine sorgfältige Erfassung nicht nur der okklusalen Karies wird daher eine Kombination von mehreren Untersuchungsmethoden empfohlen [228]. Unabhängig von der Wahl oder Kombination der jeweiligen Diagnostikverfahren ist es entscheidend, eine kariöse Läsion frühzeitig und zuverlässig zu erkennen sowie deren Progressionsgrad und Aktivität zu beurteilen, um daraus geeignete Therapiemaßnahmen ableiten zu können.

Ein validiertes optisches Kariesdiagnoseverfahren ist das ICDAS-System (vgl. 3.2.1). In einigen Studien zur Diagnose der okklusalen Karies konnten für das ICDAS-Verfahren gute bis sehr gute Intra- und Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeiten und eine klinisch akzeptable Sensitivität und Spezifität nachgewiesen werden [36,139,245]. Eine Studie von Rodrigues et al. [228] konnte belegen, dass das ICDAS-System in Kombination mit Bissflügelaufnahmen die beste diagnostische Voraussetzung für die Detektion von okklusaler Karies darstellt. Um die Strahlenbelastung für Kinder so gering wie möglich zu halten, empfehlen andere Autoren, die Indikation für Bissflügelaufnahmen erst nach der Kombination aus optischer und beispielsweise laserfluoreszenzbasierter Untersuchung

zu stellen [112]. Diniz et al. [65] fanden heraus, dass die visuelle Methode via ICDAS okklusale Karies besser detektiert zeigt als die röntgenologische mittels Bissflügelaufnahmen; Braga et al. [35] konstatierten dies für die Detektion approximaler Karies.

### **3.2.1 Das ICDAS-System: Bewertung adhäsiver Füllungsrestorationen**

Um die Möglichkeit zu haben, kariöse Läsionen bereits in einem frühen Stadium zu unterscheiden, wurde das International Caries Detection and Assessment System, kurz ICDAS-System, entwickelt [140]. Auf dieser Basis kann eine minimalinvasive Kariestherapie erfolgen. Von ebenso großer Bedeutung ist die Einführung dieser standardisierten Methode für ein einheitliches Management der Karies in epidemiologischen Erhebungen, in klinischen Studien, in der Lehre und in der zahnärztlichen Praxis [140,219]. 2002 wurde das International Caries Detection and Assessment System erstmals vorgestellt. Dieses System soll zusätzlich zur Kariesdetektion auch eine Einschätzung zu Schweregrad und Aktivität von Läsionen geben. Nachdem das ICDAS-I in einer Studie (ICDAS Coordinating Committee 2005) auf seine Validität überprüft wurde und man infolgedessen eine Änderung der Codierung vornahm, wurde es 2005 als ICDAS-II-System vorgestellt [51].

Mit dem ICDAS-System können kariöse Veränderungen an Glattflächen, Okklusal- und Approximallflächen sowie an Wurzeloberflächen der Zähne erfasst werden [140]. Insgesamt umfasst das ICDAS-System 10 Codes (0 bis 9) zur Dokumentation der Versorgung, wenn ein Zahn mit einer Restauration versehen ist (Caries Associated with Restorations and Sealants - CARS-Kriterien), und 7 Codes (0 bis 6) zur Beurteilung der Karies an den einzelnen Zahnflächen (vgl. Tabellen 5 und 6). Angegeben werden diese Codes in einer Zahlenkombination, in der der Versorgungscode vor dem Kariescode steht (ICDAS-two-digit coding system).

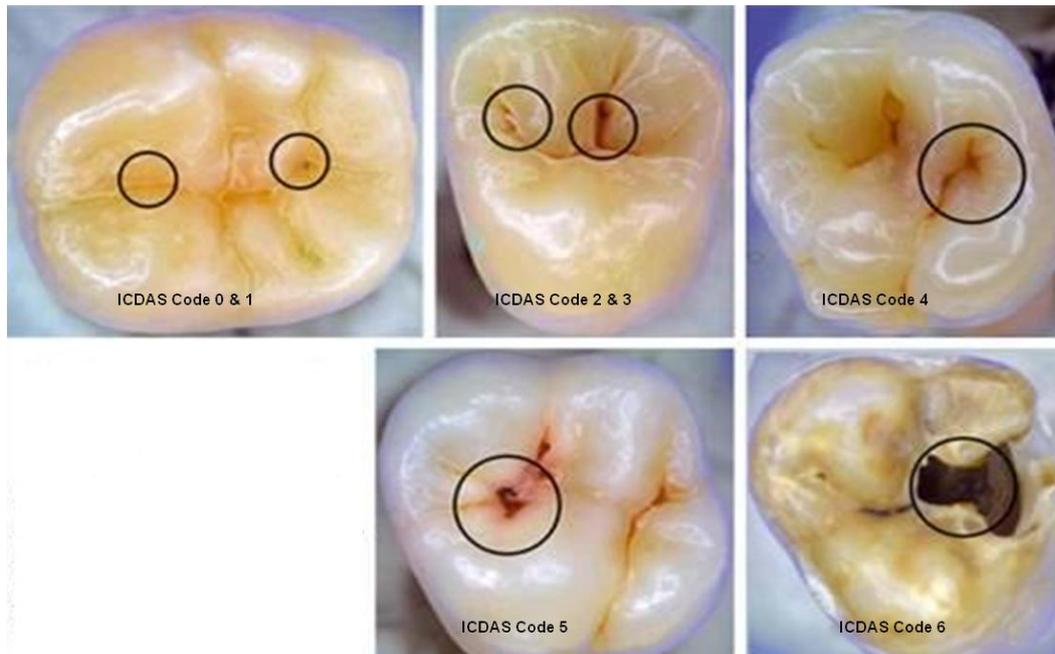
**Tabelle 5: ICDAS-Versorgungscodes**

| Code | Bedeutung                                      |
|------|--|
| 0    | Keine Versorgung                               |
| 1    | Partielle Fissurenversiegelung                 |
| 2    | Volle Versiegelung                             |
| 3    | Zahnfarbene Restauration                       |
| 4    | Amalgam-Füllung                                |
| 5    | Stahlkrone                                     |
| 6    | Keramik-, Gold-, Verblendkrone, Veneer         |
| 7    | Frakturierte/verlorene Restauration            |
| 8    | Provisorische Versorgung                       |
| 9    | Fehlender Zahn, wird differenziert in:         |
| 96   | Die Oberfläche kann nicht beurteilt werden     |
| 97   | Zahn ist aufgrund von Karies verloren gegangen |
| 98   | Zahn ist aus anderen Gründen verloren gegangen |
| 99   | Zahn noch nicht durchgebrochen                 |

**Tabelle 6: ICDAS-Kariescodes**

| Code | Bedeutung  |
|------|--|
| 0    | Gesunde Oberfläche   |
| 1    | Erste sichtbare Schmelzveränderung am getrockneten Zahn      |
| 2    | Deutliche Schmelzveränderung, auch am feuchten Zahn sichtbar |
| 3    | Schmelzeinbruch/verfärbte Fissur                             |
| 4    | Schattenbildung ausgehend von kariösem Dentin                |
| 5    | Deutliche Kavität, Dentin sichtbar                           |
| 6    | Großflächige Kavität > ½ Zahn, Dentin sichtbar               |

Eine beispielhafte Darstellung der ICDAS-Karies-Codierung zeigt Abbildung 1.



**Abbildung 1:** Vorstellung der einzelnen ICDAS-Karies-Codes

(modifiziert aus: „Das International Caries Detection and Assessment System (ICDAS-II). Vorstellung eines visuellen Verfahrens der Kariesdiagnose. Dentalhygiene Journal 2009“, mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. A. Jablonski-Momeni)

Gereinigte und trockene Zahnoberflächen sind eine wichtige Voraussetzung für die Befundung [139,140]. Für die Beurteilung der kariösen Läsion kann zusätzlich eine stumpfe Parodontal- oder WHO-Sonde hinzugezogen werden [244]. Falls dem Behandler die Einstufung nicht eindeutig erscheint, soll er sich für den niedrigeren Code entscheiden [50].

Studien zur Diagnose okklusaler Kariesläsionen in unterschiedlichen Stadien zeigten für das ICDAS-Verfahren gute bis sehr gute Intra- und Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeiten und eine klinisch akzeptable Spezifität und Sensitivität, insbesondere wenn der Behandler im Umgang mit dem System geübt war [64,139,141,142,228]. Ismail et al. [137] bestätigten dem ICDAS auch eine gute bis exzellente Reproduzierbarkeit, wenn es von unerfahrenen Behandlern angewendet wird. Ormond und Mitarbeiter [198] überprüften 2010 die Durchführungsdauer der Kariesdiagnostik nach den ICDAS-Richtlinien an 100 Patienten. Sie kamen auf Werte von 2,53 Minuten für die Untersuchung von Kindern und auf 3,80 Minuten für die Untersuchung von Erwachsenen. Die Studie von Shoaib et al. [245] konzentrierte sich als erste auf die Frage der Validität und

der Reproduzierbarkeit des ICDAS-Systems bezüglich der Detektion und Diagnose von Karies bei Milchzähnen. Sie kamen zu ähnlich guten Resultaten wie die Studien, deren Ergebnisse auf das permanente Gebiss gestützt waren. Die ICDAS-Kriterien sind für den Gebrauch im Milchgebiss sowohl für die Detektion von okklusalen als auch von approximalen kariösen Läsionen geeignet [35,245]. Die Autoren kamen zu ähnlich guten Resultaten wie die Studien, deren Ergebnisse auf das permanente Gebiss gestützt waren [64,139,141,142,228]. Außerdem unterstützten die Autoren die Aussage vorheriger Studien, dass die Ergebnisse eines relativ ungeübten Behandlers mit denen von erfahreneren verglichen werden können [245].

Um die Implementierung dieses Systems zu erleichtern, bietet die ICDAS-Foundation auf ihrer Homepage (<http://www.icdas.smile-on.com>) kostenlose und frei zugängliche Übungsmodule an. Den Nutzern wird ein 90-minütiger Kurs offeriert, an dessen Ende, nach der Erläuterung der Grundlagen und dem Erklären des Untersuchungsablaufs unter Zuhilfenahme der Codes, ein Quiz mit zu beurteilenden Zähnen steht.

### **3.2.2 Die USPHS-Kriterien: Bewertung von Füllungs- und Kronenrestorationen**

In dieser Arbeit werden neben dem visuellen ICDAS-System für die Bewertung der Füllungsrestorationen die USPHS-Kriterien (U. S. Public Health Service Ryge criteria) nach Ryge [230] in abgewandelter Form für die Bewertung sowohl der Qualität der Füllungs- als auch der Kronenrestorationen verwendet. USPHS ist das allgemein gebräuchlichste System in Studien zum Vergleich von Restaurationsmaterialien in Milchzähnen [13,68,226].

Obwohl die Bewertung von Restaurationen oftmals subjektiv ist, stellen die Ryge-Kriterien ein gutes Werkzeug für die Ermittlung der klinischen Qualität von Restaurationen dar. Sie sind ein gängiges Auswertungsverfahren, das schon in vielen Studien zum Einsatz kam [13,58-60,68,82,84,103,226], und sollen innerhalb dieser Arbeit in modifizierter Form (vgl. 5.3.5 und 5.3.6) zur klinischen Beurteilung der Füllungen und konfektionierten Stahlkronen dienen.

Hickel und Mitarbeiter (vgl. Tabelle 7) stellten 2007 alternative Bewertungskriterien für die Beurteilung der Qualität von Restaurationsmaterialien in Anlehnung an die 1971 erstmals von Ryge publizierten USPHS-Kriterien auf. Hiernach wird in ästhetische, funktionelle und biologische Kriterien unterteilt [121]:

**Tabelle 7: Bewertungskriterien für die Beurteilung von Restaurationen nach Hickel et al. [121]**

| Ästhetisch       | Funktionell            | Biologisch              |
|------------------|------------------------|-------------------------|
| Oberflächenglanz | Frakturen/Risse        | Postoperative Vitalität |
| Oberflächenmakel | Retention              | Sekundärkaries          |
| Farbstabilität   | Marginale Adaptation   | „Tooth integrity“       |
| Anatomische Form | Kontaktpunkt           | Zustand Parodont        |
|                  | Abnutzung/Verschleiß   | Zustand Mukosa          |
|                  | Patientenzufriedenheit |                         |

### 3.2.3 Das DIAGNOcam-Verfahren: Transillumination mit Nahinfrarot-Licht

Die DIAGNOcam 2170 (KaVo Dental GmbH, Biberach) ist ein mobiles bildgebendes Lasergerät zur okklusalen und approximalen Kariesdetektion. Es wird Nahinfrarot(NIR)-Licht verwendet (Nahinfrarot ist der Bereich zwischen etwa 700 und 1.500 nm). Die Laserdiode der DIAGNOcam hat eine Wellenlänge von 780 nm. Das Gerät liefert Bilder, die große Ähnlichkeit mit Röntgenbildern haben, jedoch ohne dass ionisierende Strahlung involviert ist. Das physikalische Prinzip der Transillumination (Diaphanoskopie) beruht auf einer Weiterentwicklung der FOTI-Technologie (fiberoptische Transillumination). In der DIAGNOcam wird die DIFOTI-Technologie (Digital Imaging Fiberoptic Transillumination) verwendet, die zusätzlich zur FOTI-Technologie eine eingebaute Digitalkamera für die Aufzeichnung des Befunds aufweist. Das Gerät nutzt gezielt die lichtoptischen Eigenschaften der Zahnhartsubstanzen. Lichtintensität kann durch Absorption oder Streuung reduziert werden; im Schmelz und Dentin ist Streuung häufig der dominierende Prozess [147]. Gebiete, die die Lichtdurchlässigkeit aufgrund ihrer Gewebedestruktion behindern oder blockieren (kariöse Läsionen), werden deutlich abgegrenzt als dunkle Bereiche dargestellt, da es zu Lichtabsorption kommt. Eine Digitalkamera erfasst gleichzeitig die klinische Situation und lässt sie in Echtzeit am Bildschirm in der okklusalen Ansicht erscheinen [78]. Da eine kariöse Läsion auf dem Bildschirm als dunkles Areal sichtbar wird, und somit leicht zu erkennen ist, kann dies zur Patientenaufklärung beitragen.

Das System besteht aus der eigentlichen Videokamera samt inkludierter NIR-Lichtquelle, einem USB-Anschluss für den Computerbildschirm und den entsprechenden Aufsätzen (Okklusaltips). Diese elastischen Arme mit Lichtleitern emittieren das Licht zunächst direkt auf Gingiva, Parodont und Alveolarfortsatz, bevor es nach koronal in den Zahn weitergeleitet wird. Durch die Lichtleiter-Eigenschaften des Zahnes (Schmelzprismen) wird das Licht okkluswärts transportiert und über die Kamera aufgezeichnet, die über ein USB-Kabel mit dem Computer verbunden ist. Ein charge-coupled-device (CCD) Sensor erfasst die klinischen Daten. Die Verwendung einer Wellenlänge im nahen Infrarotbereich führt dazu, dass die Lichtdurchdringung im Zahn erhöht wird und dadurch vor allem der Zahnschmelz transparenter erscheint [95]. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist die Tatsache, dass die Befundung mit der DIAGNOcam unabhängig von harten oder weichen Belägen der Zähne ist [95]. Da beim DIAGNOcam-Verfahren keine Messung der Zahnoberfläche erfolgt, sondern im weitesten Sinne ein Bild des Zahninneren generiert wird, und die eingesetzte Wellenlänge die Tendenz hat, Beläge eher zu durchleuchten, können weniger falsch positive Werte entstehen als bei fluoreszenzbasierten Technologien (z. B. DIAGNOdent pen, KaVo, Biberach) [78].

In einer klinischen Studie der LMU München wurde der Fragestellung nachgegangen, welche diagnostische Genauigkeit das DIAGNOcam-Verfahren im Vergleich zur klinischen (DMF-Index) und röntgenologischen Untersuchung (Bissflügelaufnahmen) an Approximalflächen des bleibenden Gebisses aufweist [166]. Aus dem Abschlussbericht im Dezember 2013 geht hervor, dass das DIAGNOcam-Verfahren, verglichen mit der konventionellen Röntgendiagnostik, gleichwertig bei der Detektion von approximalen Dentinläsionen ist [43]. Bei DIAGNOcam-Aufnahmen stimmten in 99 % der Fälle die erhobenen Diagnosen mit der tatsächlichen Kariesausdehnung überein, vorausgesetzt, die Schmelz-Dentin-Grenze war breitflächig kariös verändert. Zudem wurde herausgearbeitet, dass DIAGNOcam-Aufnahmen im Approximalbereich zu 96 % als äquivalent zu Bissflügelaufnahmen anzusehen sind, wenn die Demineralisation die Schmelz-Dentin-Grenze erreicht hat (Zahnschmelz vollständig penetriert). Die Ausbreitung fortgeschrittener Dentinläsionen konnte nicht in allen Fällen mit der DIAGNOcam dargestellt werden [43]. In einer klinischen Studie fanden Söchtig et al. [248] in 95,3 % übereinstimmende Diagnosen basierend auf DIAGNOcam- und Bissflügelaufnahmen. Frühe proximale Läsionen im äußeren Dentin konnten jedoch nicht in allen Fällen mit der

DIAGNOcam visualisiert werden, da die optischen Eigenschaften dieser Läsionen sich nur sehr schwer von gesundem Dentin unterscheiden lassen [248].

In 2008 und 2012 durchgeführten In-vitro-Studien konnte eine gute Übereinstimmung der DIFOTI-Technologie mit der klinischen Situation belegt werden [12,30]. Bei der Beurteilung von approximalen D1-Läsionen war das DIFOTI-Verfahren der röntgenologischen Diagnostik überlegen, die Sensitivität war signifikant höher. Bei D3-Läsionen waren die Unterschiede in der Sensitivität nicht signifikant, die Röntgenbilder zeigten jedoch eine höhere Spezifität als DIFOTI [12]. Diese Ergebnisse belegen die Überlegenheit der DIFOTI-Methode gegenüber Röntgenaufnahmen bei der Diagnostik von frühen approximalen Schmelzläsionen.

### **3.3 Faktoren, die auf die Versorgungsqualität Einfluss nehmen**

Zahlreiche Faktoren haben Einfluss auf die Langlebigkeit von Restaurationen, darunter sowohl die Verarbeitung und Applikation des verwendeten Restaurationmaterials als auch die Lokalisation der Füllung sowie der betroffene Milchmolar und die Ausdehnung der Kavität. Diese Größen sind ausschlaggebend für den Langzeiterfolg einer restaurativen Versorgung. Einflüsse wie das Patientenalter und die damit verbundene Compliance, die Mundhygiene sowie die individuelle Kariesaktivität und das Ernährungsverhalten können auf die Langlebigkeit von Milchmolarenrestorationen einwirken [41,232].

#### **3.3.1 Verarbeitung und Applikation des Materials**

Kompomer-Restaurationen sind techniksensitiv und verlangen eine gute Trockenlegung [13,240,250]. Dies setzt nicht nur einen kooperativen Patienten voraus, sondern auch Sorgfalt, Geschicklichkeit und den korrekten Umgang des Behandlers mit den Materialien [218,250]. So fanden Peschke und Mitarbeiter [208], dass Verarbeitungsfehler bei der Anwendung von Adhäsiv-Systemen zu signifikant schlechteren Füllungsrandern führen. Auch Engelsmann et al. [79] machen in ihrer Studie Verarbeitungsfehler des Füllungsmaterials für klinische Misserfolge verantwortlich. Krämer und Frankenberger konstatieren ebenfalls, dass der klinische Erfolg einer Füllungstherapie mit Komposmeren stark an den korrekten Ablauf des Applikationsprotokolls des Adhäsivs gekoppelt ist [158]. Andersson-Wenckert et al. berichten von einer 22%igen Zwei-Jahres-Misserfolgsquote für Klasse-II-Kompomer-Füllungen mit Dyract (Dentsply, Konstanz), verursacht durch variierende Behandler und – damit verbunden – verschiedenartige Handhabung des Materials sowie eine nur relative Trockenlegung des Arbeitsfeldes [9].

### 3.3.2 Alter (Compliance) des Kindes

Das Alter und damit die Compliance der Patienten zum Zeitpunkt des Eingliederns der Restauration ist ein Hauptfaktor für die klinische Dauerhaftigkeit der Restauration [22,116,180,266]. Zahlreiche Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Patientenalter zum Zeitpunkt der Therapie und der klinischen Lebensdauer der Restauration [116,170,189,226,266,270]. Die Lebenserwartung von Amalgam-Füllungen ist umso geringer, je jünger die Kinder zum Zeitpunkt der Therapie sind [22,116,180].

Roberts und Sherriff [226] fanden für Amalgam-Füllungen, die bei  $\leq 5$  Jahre alten Kindern gelegt wurden, mit 45 % eine fast doppelt so hohe Misserfolgsquote wie bei  $> 5$  Jahre alten Kindern. Barr-Agholme et al. zeigten eine zunehmende Zwei-Jahres-Erfolgsrate für Komposit- und Amalgam-Restaurationen für sieben- bis achtjährige Patienten verglichen mit Vier- bis Sechsjährigen (Komposit: 4 bis 6 Jahre: 80 %, 7 bis 8 Jahre: 100 %; Amalgam: 4 bis 6 Jahre: 63 %, 7 bis 8 Jahre: 80 %) [22].

Auch Hickel und Voss [116] berichteten, dass eine restaurative Versorgung mit Amalgam eine bessere Langlebigkeit erziele, wenn diese bei älteren Kindern Anwendung findet. Sowohl bei GIZ- als auch bei Amalgam-Restaurationen erzielten jüngere Patienten, in einer Altersgruppe von 4 bis 5,9 Jahren, im Vergleich zu Restaurationen bei älteren Kindern, signifikant schlechtere Ergebnisse. In Ihrer Studie kamen sie zu einer 64%igen Zwei-Jahres-Überlebensrate von Klasse-II-Amalgam-Restaurationen bei 4 bis 6 Jahre alten Kindern, für Acht- bis Neunjährige stieg die Rate auf 91 % [116].

Wong [270] und Papathanasiou et al. [203] fanden, dass das Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Behandlung mit der Langlebigkeit einer Restauration positiv korreliert ist. Die Erfolgsquote von Milchmolaren-Restaurationen steigt mit dem Alter des Kindes zum Zeitpunkt der Erstbehandlung [180]. Die Autoren fanden eine Fünf-Jahres-Überlebensrate für 51 % der Klasse-II-Amalgam-Restaurationen, die bei Kindern unter vier Jahren angefertigt wurden, während diese Prognose bei älteren Kindern auf 70 % anstieg. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Hunter [131]. Die Fünf-Jahres-Überlebensdauer der Restaurationen stieg mit ansteigendem Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Behandlung von 40 % auf 77 %.

### 3.3.3 Betroffener Milchmolar

Dawson et al. [61] stellten einen Unterschied in der Überlebensrate von Restaurationen an ersten oder zweiten Milchmolaren fest. An ersten Milchmolaren betrugen die mittleren Überlebensraten für konfektionierte Stahlkronen 3,35 Jahre und für Amalgam-Füllungen 1,67 Jahre. An zweiten Milchmolaren überlebten Stahlkronen durchschnittlich 3,18 Jahre und Amalgam-Füllungen 2,41 Jahre [61]. Dagegen fanden Roberts und Sherriff keine Abhängigkeit der Überlebensrate von Stahlkronen oder Amalgam-Füllungen [22] vom Zahntypus [226].

### 3.3.4 Kavitäten-Klasse

Die Ergebnisse klinischer Studien, die sich mit Amalgam-Restaurationen in Milchmolaren auseinandergesetzt haben, ergaben unterschiedliche Misserfolgsraten für Klasse-I- und Klasse-II-Füllungen [119]. Die Versagensquote von Klasse-I-Amalgam-Restaurationen liegt demnach zwischen 4,4 % [126] und 18,4 % [61]. Für Klasse-II-Amalgam-Füllungen werden Misserfolgsquoten von 0 % [178] bis 37,2 % [61] angegeben. Das schlechtere Abschneiden von Klasse-II-Amalgam-Füllungen bestätigen Wong und Day in ihrer Studie [270]. Roberts und Sherriff fanden dagegen für Amalgam keinen signifikanten Unterschied in der Überlebensrate von Klasse-I- und Klasse-II-Füllungen in Milchmolaren [226].

Für Komposit fanden Ersin et al. einen statistisch signifikanten Unterschied in der Überlebensrate zwischen Klasse-I- und Klasse-II-Füllungen. Nach 24 Monaten überlebten 91 % der Klasse-I-Komposit-Restaurationen und nur 82 % der Klasse-II-Komposit-Restaurationen [82]. Daou und Mitarbeiter bestätigen in ihrer Studie eine bessere Zwei-Jahres-Überlebensrate der Klasse-I-Kavitäten gegenüber Klasse-II-Kavitäten, unabhängig davon, welches Restaurationsmaterial verwendet wurde [60]. Duggal et al. [68] haben das klinische Zwei-Jahres-Verhalten von Dyract und Amalgam-Restaurationen in Klasse-II-Kavitäten an Milchmolaren untersucht. Die Autoren erzielten eine sehr gute Erfolgsrate von 96,6 % für die Dyract-Restaurationen.

Ertugrul et al. [84] untersuchten das klinische Ein-Jahres-Abschneiden zweier Kompomere (Compoglass F, Twinky Star) als Füllungsmaterialien für Klasse-II-Milchmolaren-Kavitäten. Sie stellten in ihrer Studie keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Klasse-II-Kavitäten-Seite (mesial-okklusal versus okklusal-distal) und dem klinischen Verhalten des Restaurationsmaterials fest. Ebenfalls konnten sie keinen Zu-

sammenhang zwischen der Größe der okklusalen Kavität und dem Abschneiden beim Sechs-Monats- und Zwölf-Monats-Recall erkennen [84]. Auch Akbay et al. [4] kamen in ihrer Studie auf eine Ein-Jahres-Erfolgsrate für mit Twinky Star versorgte Klasse-II-Kavitäten von 96,1 %.

### **3.3.5 Intraorale Verweildauer**

Eine Vielzahl klinischer Studien zur Überlebensdauer von Restaurationen dokumentiert ein einheitliches Muster: Je länger die Restauration in der Mundhöhle verweilt, desto schlechter fällt die Bewertung aus [9,18,98,119,129,151,174,202,229,265].

### **3.3.6 Mundhygiene (PBI, API)**

Sharaf und Farsi [243] kommen zu dem Ergebnis, dass der Faktor Mundhygiene den Zustand der Gingiva beeinflusst. Kinder mit schlechter Mundhygiene zeigten mehr Gingivitis, während Kinder mit guter Mundhygiene gesundes Zahnfleisch um die Kronen aufwiesen. So schlussfolgern sie, dass es nötig sei, die Mundhygiene in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren, da diese den Hauptrisikofaktor für die die Krone umgebende Gingiva darstellt [243].

Die Arbeitsgruppe um Santamaria [232] stellte in ihrer Studie einen Zusammenhang zwischen klinischem Versagen der Restaurationen und erhöhten Plaque-Werten fest. Negative Ein-Jahres-Ergebnisse im Sinne von Sekundärkaries, Füllungsfrakturen oder -verlusten assoziierten die Autoren mit unzureichender Mundhygiene [232].

### **3.3.7 Individuelle Kariesaktivität**

Die Aussagen in der Literatur bezüglich der Kariesaktivität eines Patienten und der Erfolgsaussicht seiner Restauration sind widersprüchlich.

Qvist et al. attestieren der Kariesaktivität angrenzender Zahnflächen keinen Einfluss auf die Langlebigkeit einer Restauration [220]. Diesen stellten sie nur bei bereits kavitierten aktiven Läsionen fest [222].

Verschiedene Autoren fanden, dass bei Patienten mit einem hohen Kariesrisiko die Wahrscheinlichkeit eines früheren Versagens der Restauration größer ist [232,266,270].

## 4 Ziel der Arbeit und Arbeitshypothesen

Ziel dieser Pilotstudie war es, die zwei Restaurationsarten Kompomer-Füllung und Kinderkrone anhand klinischer Bewertungskriterien bei einem universitären Patientengut zu evaluieren, deren Erfolgsraten zu vergleichen und gegebenenfalls Differenzialindikationen für deren Anwendung zu ermitteln sowie Daten für die Planung einer prospektiven randomisierten Folgestudie zu gewinnen.

Dazu wurden Patienten klinisch nachuntersucht, die unter den klinischen Bedingungen des Arbeitsbereichs Kinderzahnmedizin der Charité - Universitätsmedizin Berlin versorgt worden waren. Ferner wurden durch das Studium der Patientenakten beeinflussende Risikofaktoren wie individuelle Kariesaktivität (ICDAS) und Mundhygiene (API, SBI) der Patienten sowie die bisherige intraorale Verweildauer der Restaurationen erfasst.

Auf der Basis der ausgewerteten Literatur wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

Primärhypothese:

1. Konfektionierte Stahlkronen zeigen in der Kariestherapie bei Kindern allgemein bessere Langzeitergebnisse als Kompomer-Füllungen.

Sekundärhypothesen:

1. Eine Sekundärkaries wird durch das Überkronen des jeweiligen Milchmolaren verhindert.
2. Die Entscheidung für eine Kompomer-Füllung anstelle einer Kinderkrone zieht häufigere Folgebehandlungen nach sich.
3. Das Alter des Kindes hat einen Einfluss auf die Qualität der Kompomer-Füllung.
4. Die Lokalisation der Kompomer-Füllung im ersten oder zweiten Milchmolaren hat keinen Einfluss auf die Langlebigkeit der Restauration.
5. Die Kavitäten-Klasse hat einen Einfluss auf den Langzeiterfolg der Kompomer-Füllung.
6. Die Verwendung von Dyract AP oder Twinky Star als Restaurationsmaterial hat keinen Einfluss auf die Qualität der Kompomer-Füllung.
7. Die Mundhygiene des Kindes hat einen Einfluss auf die Langlebigkeit der Restauration.

## 5 Probanden und Methoden

### 5.1 Ethikkommission

Die Ethikkommission der Charité - Universitätsmedizin Berlin erteilte ein positives Votum zur Durchführung der vorliegenden Studie (vgl. 10.4).

### 5.2 Auswahl der Patienten

Für die Auswahl der Patienten wurden folgende Kriterien formuliert:

#### Einschlusskriterien:

- Kinder im Alter von 5 bis 12 Jahren
- Einwilligung der Eltern
- Konfektionierte Edelstahlkronen (3M Medica, Borken) an ersten und/oder zweiten Milchmolaren oder
- Klasse-I- und/oder Klasse-II-Kompomer-Füllungen (Dyract AP, Dentsply, Konstanz oder Twinky Star, VOCO, Cuxhaven) an ersten und/oder zweiten Milchmolaren, die zum Untersuchungszeitpunkt mindestens 12 Monate in situ sind

#### Ausschlusskriterien:

- Keine mit konfektionierten Kronen und/oder Klasse-I- und/oder Klasse-II-Kompomer-Füllungen therapierten Milchmolaren mehr in situ
- Systemische Grunderkrankungen, die den oralen Befund beeinflussen (z. B. Phosphatdiabetes, Epidermolysis bullosa)
- Keine Einwilligung der Eltern

Von 2006 bis 2014 wurden in der Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und Kinderzahnmedizin der Charité - Universitätsmedizin Berlin Patienten sowohl mit adhäsiven Füllungen als auch mit konfektionierten Kronen saniert.

Nach Studium von 160 Akten wurden die beteiligten Patienten den Untersuchungsgruppen (Füllung/Krone) zugeordnet. Bei allen Patienten wurden die im Anhang abgedruckten Untersuchungsbögen verwendet (vgl. 10.6 und 10.6.1). Untersucht wurden insgesamt 48 Kinder im Alter von 5 bis 12 Jahren, darunter 37 in der Füllungs- sowie 11 in der Kronengruppe.

Aus den Patientenakten wurden folgende Parameter in die Studie aufgenommen:

- Allgemeine Daten (Alter, Geschlecht, Größe, Körpergewicht)
- Mundhygiene-Status (API, SBI)
- Versorgungsart und -umfang (Füllungen, Kronen, Endodontie)
- Betroffene Milchmolaren und Kavitäten-Klasse(n) (I/II)
- Bisherige intraorale Verweildauer der entsprechenden Restauration(en)
- Grund des Versagens der Restauration(en)
- Bisher nötige Folgetermine nach Einbringen der Restauration(en)

Falls allgemeine Daten wie Körpergröße im Anamnesebogen nicht erfasst waren, wurden diese im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung erhoben und dokumentiert.

Tabelle 8 fasst die in der vorliegenden Studie verwendeten Restaurationsmaterialien zusammen, mit denen die untersuchten Milchmolaren therapiert wurden.

**Tabelle 8: Verwendete Restaurationsmaterialien**

| Restaurationsmaterial                                    | Produkt             | Hersteller                         | Artikel-Nummer | Adhäsiv       | Artikel-Nummer |
|--|---------------------|------------------------------------|----------------|---------------|----------------|
| Kompomer   | Dyract AP           | Dentsply DeTrey, Konstanz          | 606.04.900     | Prime&Bond NT | 606.67.240     |
| Kompomer   | Twinky Star         | VOCO, Cuxhaven                     | 103013         | Futurabond M  | 1350           |
| Konfektionierte Edelstahlkrone<br><i>zementiert mit:</i> | 3M Espe-Ion-Ni-Chro | 3M Medica, Borken                  | ND-96          | -             | -              |
| Zinkoxidphosphat-Zement                                  | Hoffmann's Cement   | Hoffmann Dental Manufaktur, Berlin | 72146          | -             | -              |

Sämtliche Restaurationen wurden von einem Behandler (C. F.) angefertigt. Die eingesetzten Restaurationsmaterialien wurden gemäß Herstellerangaben verwendet. Die Trockenlegung des Arbeitsfeldes während der Füllungstherapie erfolgte mittels Watte- rollen und Sauger. Bei Klasse-II-Kavitäten kamen Matrizenspanner (Tofflemire univer- sal, Hahnenkratt GmbH, Königsbach-Stein) mit entsprechenden Matrizen und Interden- talkeile aus Holz (Keile orange, Kerr, Rastatt) zum Einsatz. Nicht bei allen Füllungs- Patienten fand eine vorherige lokale Infiltrationsanästhesie (Ultracain D-S forte, Artikel- Nr. 6449831.00.00, Sanofi-Aventis, Frankfurt a. M.) statt.

Füllungen, die mit Dyract AP (Dentsply) gefertigt wurden, wurden stets mit dem dazugehörigen Adhäsiv Prime&Bond NT hergestellt. Das Adhäsiv wurde ohne vorherige separate Phosphorsäureätzung mithilfe eines Einmalpinsels auf die Kavitätenoberfläche einmassiert. Nach einer Einwirkzeit von 20 Sekunden wurde überschüssiges Lösungsmittel per Druckluft vorsichtig verblasen und für 10 Sekunden mit der Mini L.E.D. (1100 mW/cm<sup>2</sup>) der Behandlungseinheit (Teneo, Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim) lichtgehärtet. In die Kavität appliziert (maximal 2 mm Schichtdicke) wurde das Kompomer in Einweg-Kapseln (Compules Tips). Danach erfolgte die Lichthärtung mithilfe einer Mini L.E.D. (1100 mW/cm<sup>2</sup>) für 40 Sekunden.

Das farbige Kompomer Twinky Star (Voco) wurde ausschließlich mit dem dazugehörigen selbstätzendem Adhäsiv Futurabond M verwendet. Das Adhäsiv wurde mit einem Einmalpinsel auf die Kavität aufgetragen. Nach einer Einwirkzeit von 20 Sekunden wurde die Schicht mit einem Luftbläser getrocknet und für 10 Sekunden mit einer Mini L.E.D. (1100 mW/cm<sup>2</sup>) lichtgehärtet. Auf eine zusätzliche Phosphorsäureätzung wurde verzichtet. In Einweg-Kapseln wurde das Kompomer direkt in die Kavität eingebracht (maximal 2 mm Schichtdicke) und für 40 Sekunden mit einer Mini L.E.D. (1100 mW/cm<sup>2</sup>) lichtgehärtet.

Die Ausarbeitung und Politur der Füllungen erfolgte mit üblichen Feinkorndiamanten und Polierern unter Wasserkühlung.

Alle Kronenrestaurationen wurden mit konfektionierten Stahlkronen (3M Medica, Borken) gefertigt. Nach erfolgter Präparation wurde die passende Kronengröße aus dem Sortiment ausgewählt und zur Probe eingesetzt. Dabei erfolgte gleichzeitig die Kontrolle der Okklusion. Gegebenenfalls wurde der Kronenrand mit einer Börtelzange nachkonturiert, um den Sitz des Randes enger zu gestalten. Zum Einsetzen der Kronen wurde Zinkoxidphosphat-Zement (Hoffmann Dental Manufaktur GmbH, Berlin) verwendet. Zum Vermeiden vertikaler Vorkontakte wurde der Patient gebeten, kurz und kräftig auf eine Watterolle zwischen Krone und Antagonist zu beißen. Bei Fehlen des Antagonisten erfolgte der Druck auf die Krone händisch durch den Behandler. Direkt nach der Entnahme der Watterolle erfolgte die Beseitigung überschüssiger Zementreste noch vor vollständiger Abbindereaktion mittels Wasser-Luft-Gemisch und Zahnseide.

### 5.3 Durchführung der klinischen Untersuchung

Der Untersuchungsablauf war nach folgendem Muster standardisiert (Tabelle 9):

**Tabelle 9: Untersuchungsablauf**

|     |  |
|-----|--|
| 1.  | Aktualisierung der Anamnese und Aufklärung über Ablauf und Zweck der klinischen Untersuchung; schriftliche Einwilligung der Eltern |
| 2.  | Dokumentation von Probandennummer, Alter, Geschlecht   |
| 3.  | Erheben von API und SBI  |
| 4.  | Zahnreinigung (Polierpaste, Polierbürste, Zahnseide)   |
| 5.  | Erheben des ICDAS-Codes  |
| 6.  | <b>Füllungen:</b> DIAGNOcam-Untersuchung und modifizierte USPHS-Bewertung  |
| 7.  | Dokumentation der Kavitäten-Klasse (I/II)  |
| 8.  | <b>Kronen:</b> optisch-taktile Diagnostik (modifizierte USPHS-Kriterien)   |
| 9.  | Dokumentation des/der restaurierten Milchmolaren   |
| 10. | Dokumentation einer endodontischen Vorbehandlung des/der restaurierten Milchmolaren  |
| 11. | Dokumentation der intraoralen Verweildauer der Restauration(en)  |
| 12. | Dokumentation bisheriger Folgebehandlungen nach Ersterhalt der Restauration(en)  |

Der zeitliche Aufwand für die Probanden betrug in Abhängigkeit von der Anzahl der zu prüfenden Restaurationen des jeweiligen Patienten inklusive Datenerfassung und Dokumentation etwa 15 bis 20 Minuten.

Allen Studienteilnehmern wurde in der Ergebnisdatei eine Nummer zugeordnet. Eine Namensliste der Probanden wurde getrennt von der Ergebnisdatei erstellt, vertraulich behandelt (Zugriff hatte nur die Promovendin) und nach Erhebung aller Probandendaten am Ende der Studie an einem sicheren Ort aufbewahrt. Die Bestimmungen des Datenschutzes wurden und werden beachtet. Alle Eltern wurden über den Studien- und Untersuchungsablauf mündlich und in Textform aufgeklärt (vgl. 10.5.2) und gaben ihr schriftliches Einverständnis (vgl. 10.5.4) zur Untersuchung ihres Kindes.

Die Ergebnisse der einzelnen Befunde und Werte der Probanden wurden während der klinischen Nachuntersuchung auf dem dafür vorgesehenen Dokumentationsbogen (vgl. 10.6 und 10.6.1) schriftlich festgehalten.

### 5.3.1 Erheben des API und SBI

In Ergänzung zu den aus der Akte entnommenen SBI- und API-Werten vom Behandlungsbeginn wurden im Rahmen der Nachuntersuchung der Approximalraum-Plaque-Index (API) nach Silness und Løe [246] sowie der Sulkus-Blutungs-Index (SBI) nach Mühlemann und Son [186] erhoben, um eine Aussage zur Mundhygienesituation der einzelnen Patienten zu treffen. Alle vorhandenen Zähne der Patienten (Milch- und bleibende Zähne) wurden befundet.

Es wurde der SBI mit folgender Gradeinteilung erhoben [186]:

Grad 1: < 10 % = klinische Normalität des Parodontiums

Grad 2: 10-20 % = schwache Entzündung

Grad 3: 20-50 % = mittelschwere Entzündung

Grad 4: > 50 % = starke und generalisierte Entzündung

Die Sondierung erfolgte im 5. und 7. (bzw. im 1. und 3.) Quadranten oral, im 6. und 8. (bzw. im 2. und 4.) Quadranten vestibulär mit einer Parodontalsonde (PCPUNC15, Hu-Friedy, Chicago, Illinois, USA). Nach schonendem Ausstreichen aller Sulci eines Quadranten erfolgte eine visuelle Beurteilung und eine dichotome Ja-/Nein-Entscheidung. Der Index wurde anhand folgender Formel berechnet:

$$\text{SBI} = \frac{\text{Summe positiver Blutungspunkte} \times 100}{\text{Gesamtzahl vorhandener Messpunkte}}$$

Zur Bestimmung des Approximalraum-Plaque-Index (API) [246] wurden der Plaquebefall und die Plaquedicke im Zahnhalsbereich unter Berücksichtigung der Zahnoberfläche, des Gingivarandes und des Sulkus bewertet. Es erfolgte keine Plaqueanfärbung, da die Zahnflächen mit Spiegel und Sonde untersucht wurden. Alle vier Zahnoberflächen (bukkal, oral, mesial, distal) wurden inspiziert, mit der Sonde wurde der Sulkus ausgestrichen und die vorhandenen Beläge in 4 verschiedene Grade eingeteilt:

Plaque Grad 0: Keine Plaque durch Inspektion und Sondierung zu erkennen

Plaque Grad 1: Nicht sichtbarer, dünner Plaquefilm, der nur durch Abschaben mit der Sonde zu erkennen ist

Plaque Grad 2: Mäßige Plaqueablagerung, die mit bloßem Auge zu erkennen ist; die Plaque füllt den Interdentalraum nicht aus

Plaque Grad 3: Dicke Plaqueablagerung, die den Interdentalraum ausfüllt

Der Index wird nach folgender Formel berechnet:

API = Summe der Bewertungsziffern/Zahl der bewerteten Flächen

### 5.3.2 Zahnreinigung

Nach Erheben der Mundhygiene-Indizes wurden die zu untersuchenden Milchmolaren mittels Polierpaste (Cleanic, Kerr, Artikel-Nr. 5525910/3186, Rastatt), Polierbürste (PURE Polierbürsten Junior Cup rosa soft, Artikel-Nr. 701740, Mönchengladbach) und ungewachster Zahnseide (Johnson & Johnson Reach unwaxed floss, Artikel-Nr. 0318D, Neuss) gereinigt, sodass Plaque und Speisereste weder die optische Diagnostik noch die nachfolgende DIAGNOcam Darstellung (vgl. 5.3.4) beeinflussten.

### 5.3.3 Erheben des ICDAS-Codes

Um den ICDAS-Code [50] (vgl. 3.2.1, Tabellen 5 und 6) bei den mit Kompomer-Füllungen restaurierten Probanden sicher bestimmen zu können, erfolgte im Vorfeld der Studie eine Kalibrierung durch Prof. Jablonski-Momeni (Marburg). Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

Die Untersucherin dieser Studie wurde durch Prof. Jablonski-Momeni in das ICDAS-Kariesdiagnoseverfahren eingeführt. In einem ersten theoretischen Teil wurden die verschiedenen ICDAS-Codes erklärt und mit klinischen Bildern belegt. Um die Reproduzierbarkeit des ICDAS-Diagnoseverfahrens zu eruieren, wurde im Anschluss an den Theorieteil ein praktisches Training durchgeführt, in dem 37 Zähne (klinische Bilder) nach ICDAS sowohl von der Untersucherin als auch durch Prof. Jablonski-Momeni befundet wurden.

Die Ergebnisse der Reproduzierbarkeit waren wie folgt:

- Für den Kariescode lag die Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit bei einem Kappa-Wert von 0,54 (95-%-Konfidenzintervall 0,35 - 0,72).
- Der gewichtete Inter-Untersucher-Kappa-Wert für den Kariescode lag bei 0,75 (95-%-Konfidenzintervall 0,63 - 0,87).

Die Ergebnisse entsprechen somit für den einfachen Kappa-Wert einer moderaten und für den gewichteten Kappa-Wert einer substantziellen Inter-Untersucher-Übereinstimmung.

Für die Erhebung des ICDAS-Codes benötigt werden ein Mundspiegel, eine Parodontal- oder Tastsonde sowie eine adäquate Lichtquelle. In der vorliegenden Arbeit wurde eine abgerundete CPI-Sonde (EXD 11/12, Hu-Friedy, Chicago, Illinois, USA) als Hilfsmittel zur Überprüfung von Schmelzläsionen verwendet, wie sie auch von der WHO als Diagnostikinstrument zur visuell-taktilen Kariesdiagnostik empfohlen wird. Wichtig ist, dass die Zähne vor der Untersuchung gereinigt werden. Das Gebiss wird auf kariöse Läsionen, die sich im Anfangsstadium als White- oder Brown-Spot-Läsionen zeigen, inspiziert. Das Scoring wird durch den ICDAS-Kariescode (0-6) komplettiert. Dieser Code impliziert die Bewertung kleinster kariöser Veränderungen der einzelnen Zahnflächen (vgl. 3.2.1, Tabelle 6). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Befunde in den entsprechenden Dokumentationsbogen eingetragen (vgl. 10.6 und 10.6.1).

Hypoplasien der Zahnoberflächen wurden in dieser Studie als ICDAS-Kariescode 0 gewertet, da diese grundsätzlich vorhanden sein können und nicht Folge eines kariösen Geschehens sein müssen. Auf die Verwendung des ICDAS-Versorgungscodes 9 und dessen Untereinheiten (vgl. 3.2.1, Tabelle 5) wurde verzichtet, da in dieser Studie nur solche Zähne befundet wurden, die auch tatsächlich vorhanden waren. Bereits existierende bleibende Zähne wurden dokumentiert, jedoch nicht ausgewertet, da aufgrund des geringen Zeitabstandes zwischen Eruption und Befundung davon ausgegangen werden kann, dass diese Zähne (noch) naturgesund sind. Begutachtet wurden nur die für die Auswertung relevanten restaurationstragenden ersten und zweiten Milchmolaren. An diesen Zähnen erfolgte die Diagnostik sowohl zahn- als auch flächenweise; flächenweise, damit nachvollzogen werden kann, welche Zahnflächen von der Füllung erfasst werden und wie sich diese klinisch darstellen.

#### **5.3.4 Anwendung der DIAGNOcam 2170**

Die DIAGNOcam 2170 dient laut Herstellerangaben ausschließlich als unterstützendes Hilfsmittel zur Detektion von kavitierten oder beginnenden supragingivalen kariösen Läsionen sowie zum Monitoring des Verlaufs solcher Läsionen [107].

Indikationen der DIAGNOcam [107]:

- Erkennen von Glattflächenkaries
- Erkennen von Okklusalkaries
- Erkennen von approximaler Karies
- Erkennen von Initialkaries
- Erkennen von Sekundärkaries
- Erkennen von Cracks im Zahnschmelz

Kontraindikationen der DIAGNOcam [107]:

- Eventuell eingeschränkte Diagnosefähigkeit durch Zahnersatz (z. B. Kronen) und sehr große Füllungen
- Subgingivale Karies
- Alleinige Diagnosesicherung durch DIAGNOcam

Alle füllungstragenden Milchmolaren wurden mit der DIAGNOcam 2170 (SN 1000136, KaVo Dental GmbH, Biberach) unter NIR-Licht (780 nm Wellenlänge) geprüft, wobei jeder Zahn vor der Positionierung der DIAGNOcam mit Luft getrocknet wurde. Die optimale Position des Okklusaltips am Zahn wurde mithilfe der Betrachtung des Live-Bildes auf dem Bildschirm des Endgeräts verifiziert. Die Lichtquelle der Behandlungseinheit wurde während der Untersuchung ausgeschaltet, um möglichen Lichtinterferenzen vorzubeugen. Ein Bild wurde gemacht, sobald die Kamera mit korrektem Fokus-Objekt-Abstand eingestellt war. Vornehmliches Augenmerk wurde auf die Region des Zahnes gelegt, in der sich die Füllung befand, daher konnte es vorkommen, dass auf einem aufgenommenen Bild nicht die gesamte Fläche des Zahnes, sondern nur der entsprechende Ausschnitt mit der Füllung abgebildet war. Die Okklusaltips sowie die weiteren Bestandteile wurden nach jeder Benutzung laut Herstellerangaben wischdesinfiziert.

### **5.3.5 Bewertung der Füllungen (USPHS-Kriterien)**

Zusätzlich zur ICDAS- und DIAGNOcam-Diagnostik wurden die Kompomer-Restaurationen in Anlehnung an die USPHS-Kriterien [121] bewertet (vgl. 3.2.2, Tabelle 7). Dies geschah in modifizierter Weise, da die anatomische Form der Füllung in Bezug auf die Fragestellung dieser Arbeit eine untergeordnete Rolle spielte. Daher wurde dieses Kriterium bei der Begutachtung vernachlässigt. Die anatomische Form am

Übergang von der Restauration zur Zahnhartsubstanz wurde mit dem Kriterium der marginalen Integrität zusammengeführt. Unter dem Punkt *Randspalt* sind folglich Phänomene wie Randspaltbildung und Unter-/Überkontur der Füllung zusammengefasst. Zur Befundung des kritischen Übergangs zwischen Restauration und Zahn diente eine spitze zahnärztliche Sonde (HS-Sonde, Artikelnr. 1005461, Henry Schein Dental, Berlin). Als zweiter entscheidender Aspekt für die Qualität der Füllung wurde deren *Integrität* bewertet. Diesbezüglich wurden Risse, Absplitterungen oder Frakturen erfasst. Beide Kriterien wurden entweder als klinisch akzeptabel oder als insuffizient bewertet (vgl. Tabelle 10). Urteil C korreliert mit einer erneuerungsbedürftigen Restauration. Bewertung A bedeutet hingegen, dass die Restauration entweder vollständig intakt ist oder aber zum Beispiel wegen kleinerer Mängel (leichte, rekonturierbare Absplitterung, Haarriss, leichter Füllungsüberschuss oder -unterschuss) noch klinisch akzeptabel ist.

**Tabelle 10: Bewertung der Füllungsrestorationen nach Hickel et al. [121]**

| Kriterien              | A = klinisch suffizient     | C = klinisch insuffizient           |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Randspalt              | Kein Nachweis/kleine Mängel | Randspalt, Stufe, Über-/Unterkontur |
| Integrität der Füllung | Kein Nachweis/kleine Mängel | Absplitterung, Riss, Fraktur        |

### 5.3.6 Bewertung der Kronenrestorationen (USPHS-Kriterien)

Für die Beurteilung der Kronenrestorationen wurde auf eine intakte Okklusalfäche, den Kronenrand sowie auf das Aussehen der die Krone umgebenden Gingiva geachtet. Gegebenenfalls wurde im Einzelfall eine Parodontalsonde zum Sondieren benutzt, um die Gingiva-Diagnostik hinsichtlich des Vorhandenseins von Zementresten im Sulkus und/oder Taschen zu unterstützen.

Für die Bewertung der Kronenrestorationen innerhalb dieser Studie wurden die USPHS-Kriterien [230] in der Modifikation von Hickel und Mitarbeitern [122] benutzt (vgl. Tabelle 11). Jede Kronenrestauration wurde unter folgenden Aspekten beurteilt: perforierte Okklusalfäche, Mängel am Rand, Zustand der Gingiva und Fistelbildung. Festgehalten wurden die Ergebnisse während der klinischen Nachuntersuchung auf dem Dokumentationsbogen (vgl. 10.6).

**Tabelle 11: Bewertung der Kronenrestorationen nach Hickel et al. [122]**

| Kriterien                 | A             | C           |
|---------------------------|---------------|-------------|
| Perforierte Okklusalfäche | Kein Nachweis | Perforation |
| Mängel am Rand            | Kein Nachweis | Randspalt   |
| Zustand der Gingiva       | Unauffällig   | Gingivitis  |
| Fistelbildung             | Kein Nachweis | Vorhanden   |

Bewertung A in allen Kategorien entspricht einer klinisch idealen Situation. Bewertung C in allen Kategorien bedeutet eine klinisch inakzeptable Restauration, die revidiert werden muss. Bei Vorliegen einer Gingivitis (Bewertung C) kann diese lokal am restaurationstragenden Milchmolaren oder generalisiert im Gebiss aufgrund mangelnder Mundhygiene auftreten.

Weiterhin sind in dem Kriterium *Zustand der Gingiva* die Beschaffenheit der angrenzenden Papillen (mesial/distal) sowie das Vorhandensein von Zementresten (Korrelation mit Gingivitis) inkludiert. Unter dem Punkt *Mängel am Rand* werden ein überstehender/zu langer oder zu kurzer Kronenrand und das Vorliegen einer freien Wurzeloberfläche (Korrelation mit Gingivarezession) evaluiert.

#### 5.4 Statistische Auswertung

Die einzelnen Messwerte wurden in SPSS (SPSS Statistics 22, IBM, Chicago, Illinois, USA) eingegeben. Für die Auswertung und statistische Berechnung wurden alle Werte eines Patienten stets am Tag der Nachuntersuchung erhoben. Quantitative Merkmale wurden anhand von Median, Perzentile, Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichung beschreibend dargestellt. Für die Bestimmung der zahnbezogenen p-Werte wurde die „asymptotische Signifikanz“ in SPSS abgelesen. Das Signifikanzniveau wurde auf 5 % ( $p = 0,05$ ) festgelegt. Wegen der Abweichungen von der Normalverteilung wurden parameterfreie statistische Tests durchgeführt. Da die Auswertung zahn- und nicht patientenweise erfolgte, wurden die p-Werte rein deskriptiv interpretiert.

Der Mann-Whitney-U-Test für unverbundene Stichproben wurde in der vorliegenden Arbeit dazu verwendet, einen möglichen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Kavitäten-Klassen, Milchmolaren, Kompomer-Materialien, Patientenalter, Mundhygiene und Verweildauer der Restaurationen zu prüfen. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson

wurde durchgeführt, um den Zusammenhang zweier nominalskalierter Merkmale zu untersuchen (z. B. bei der Mundhygiene (API, SBI) von Kronen- und Füllungsgruppe).

Die grafische Darstellung erfolgte anhand von Histogrammen und Box-Whisker-Plots. Zu qualitativen Merkmalen wurden absolute und prozentuale Häufigkeiten angegeben. Die p-Werte wurden nicht im Sinne einer konfirmatorischen Statistik interpretiert. Das heißt, die p-Werte geben nur Hinweise.

Die Box des Box-Whisker-Plots wird durch das untere und obere Quartil begrenzt (Interquartilbereich). Der schwarz markierte horizontale Strich in der Box ist der Medianwert. Die feine vertikale Linie mit dem Querbalken (Whisker) dient dazu, die größten und kleinsten Werte anzuzeigen, die dem 1,5-fachen des Interquartilbereichs über oder unter der Box am nächsten kommen. Werte außerhalb des 1,5-fachen, aber noch innerhalb des 3-fachen Interquartilbereichs, werden als Ausreißer bezeichnet und sind in der Grafik als Kreis dargestellt.

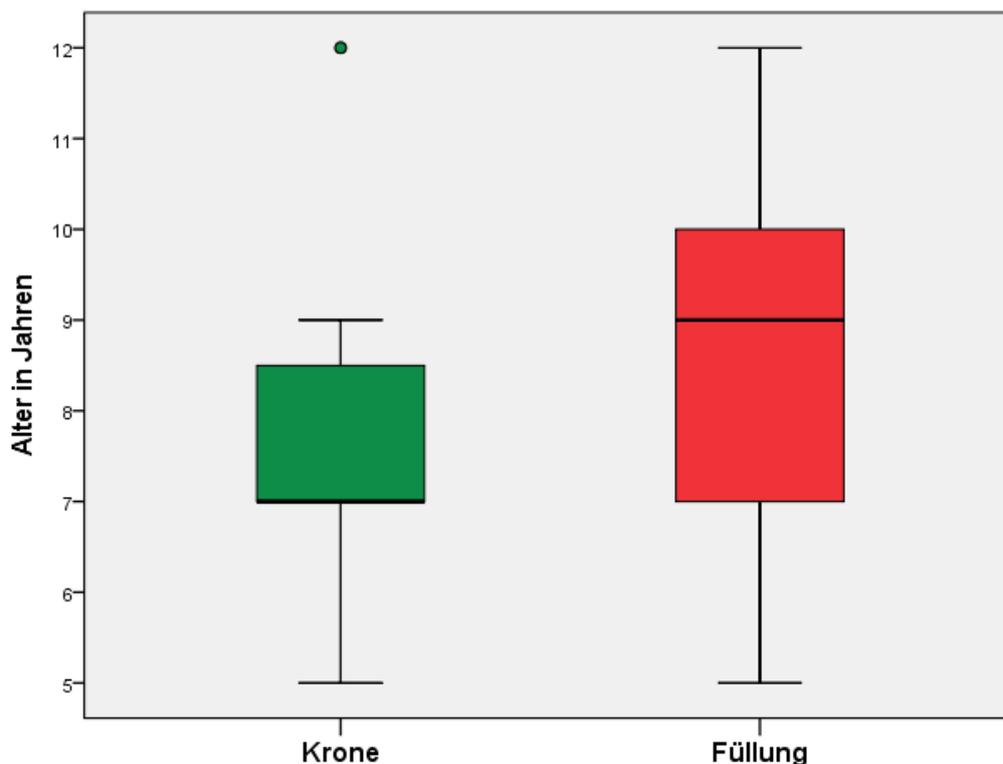
## 6 Ergebnisse

### 6.1 Patientenalter und -geschlecht

Im Rahmen dieser Pilotstudie wurden 48 Patienten mit insgesamt 145 Restaurationen untersucht. Darunter befanden sich 11 Patienten in der Kronen- und 37 Patienten in der Füllungsgruppe. 7 Patienten wiesen sowohl Füllungen als auch Kronen auf, diese Restaurationen wurden der jeweiligen Gruppe zugeordnet.

Insgesamt wurden 19 Patienten mit weiblichem und 29 Patienten mit männlichem Geschlecht untersucht. Diese unterteilen sich in 2 weibliche Patienten in der Kronen- sowie 17 in der Füllungsgruppe und 9 männliche Patienten in der Kronen- bzw. 20 in der Füllungsgruppe.

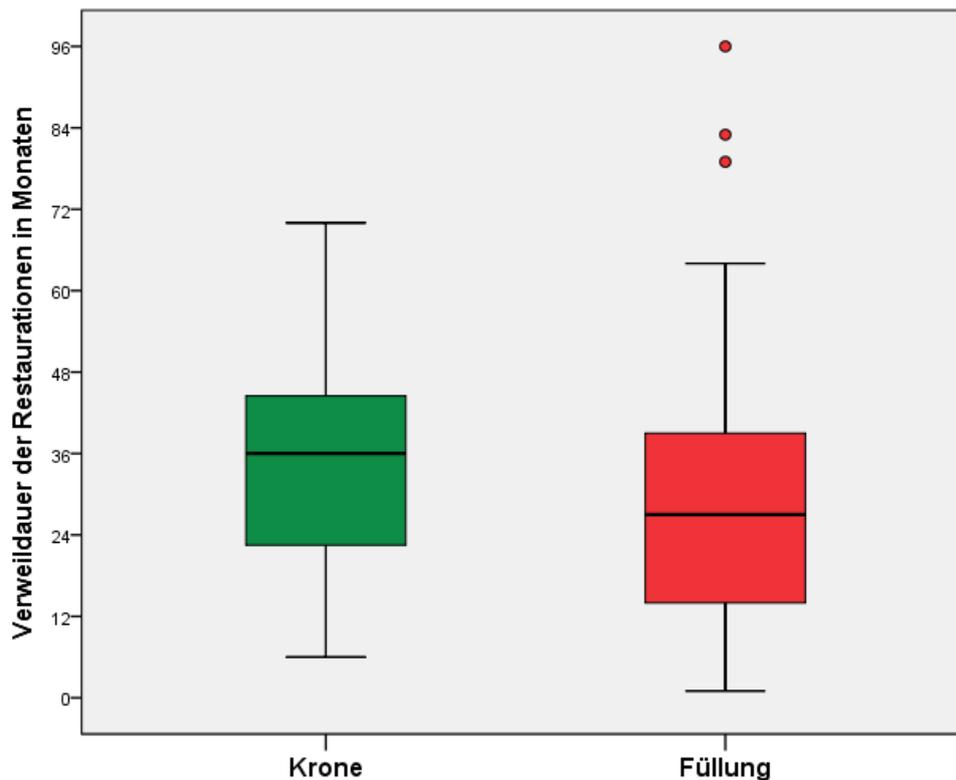
Das Alter der Patienten betrug zum Zeitpunkt der klinischen Nachuntersuchung in der Kronengruppe im Median 7 Jahre und in der Füllungsgruppe 9 Jahre. In beiden Gruppen war der jüngste Patient 5 Jahre und der älteste Patient 12 Jahre alt (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Boxplot-Darstellung des Alters der untersuchten Patienten differenziert nach Versorgung mit konfektionierten Kronen beziehungsweise Kompomer-Füllungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

## 6.2 Verweildauer der Restaurationen

Die Verweildauer der Restaurationen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug im Median für die Kronengruppe 36 Monate und für die Füllungsgruppe 27 Monate. Die maximale Verweildauer in der Kronengruppe wurde mit 70 Monaten erfasst. In der Füllungsgruppe lag der Maximalwert bei 96 Monaten. Die minimale Verweildauer wurde in der Kronengruppe mit 6 Monaten registriert, in der Füllungsgruppe lag der Minimalwert bei nur einem Monat (Abb. 3).



**Abbildung 3:** Boxplot-Darstellung der Verweildauer der Restaurationen bei den untersuchten Patienten differenziert nach Versorgung mit konfektionierten Kronen beziehungsweise Kompomer-Füllungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

## 6.3 Gründe für das Versagen von Restaurationen

Bei 31 der insgesamt 145 Füllungen war Sekundärkaries (21,4 %) der Grund für eine notwendige (bereits in der Vergangenheit stattgefundene) Erneuerung der Restauration. Unter den 31 betroffenen Restaurationen waren 24 Klasse-II- und 7 Klasse-I-Füllungen. Der Verlust der Füllung führte in 4,1 % ( $n = 6$ ) der erneuerungsbedürftigen Restaurationen zu einem Versagen, darunter befanden sich ausschließlich Klasse-II-Füllungen. Diese Restaurationen ( $n = 37$ ) waren bereits zu einem früheren Zeitpunkt erneuert wor-

den. Statistisch erfasst wurde nur die Füllung nach Erneuerung. Die Verweildauer vom Zeitpunkt der Erstbehandlung bis zum ersten Versagen wurde dokumentiert.

Zwei der insgesamt 31 Kronen wiesen Mängel auf, die sie klinisch insuffizient machten. Bei einer Krone war der Kronenrand mangelhaft, bei einer weiteren die Okklusalfäche perforiert.

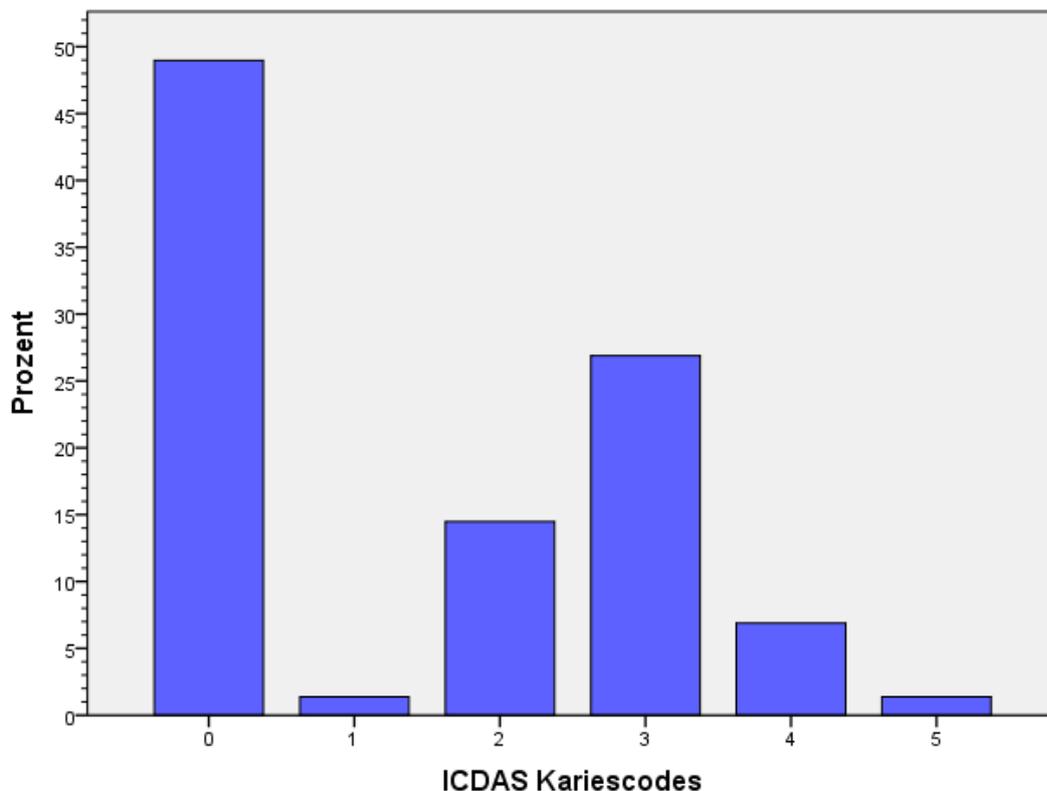
## **6.4 Ergebnisse der Füllungsgruppe**

### **6.4.1 Füllungen mit endodontischer Vorbehandlung**

Innerhalb der Füllungsgruppe (n = 145) wurde bei 37 Zähnen eine endodontische Vorbehandlung registriert, dies entspricht einem Anteil von 25,5 %. 108 Zähne wurden ohne endodontische Maßnahmen gefüllt. Eine endodontische Vorbehandlung meint in der vorliegenden Arbeit eine Caries-profunda-Therapie im Sinne einer indirekten Überkappung mittels eines Calciumhydroxid-Präparats (Kerr Life, Kerr, Rastatt).

### 6.4.2 Ergebnisse der ICDAS-Bewertungen

Innerhalb der Füllungsgruppe konnten die folgenden zahnbezogenen ICDAS-Kariescodes für die füllungstragenden Milchmolaren erfasst werden (Abb. 4): 71 Zähne (49,0 %) wurden mit dem ICDAS-Code 0 bewertet, 2 Zähne (1,4 %) mit dem ICDAS-Code 1, 21 Zähne (14,5 %) bekamen einen ICDAS-Code 2, ICDAS-Code 3 wurde bei 39 Zähnen (26,9 %) befundet, 10 Zähne (6,9 %) wurden mit einem ICDAS-Code 4 bewertet und 2 Zähne (1,4 %) erhielten den ICDAS-Kariescode 5.



**Abbildung 4:** Histogramm der ICDAS-Kariescodes (0-5) der mit Kompomer-Füllungen versorgten Milchmolaren der Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung; Angaben in Prozent

### 6.4.3 Ergebnisse der USPHS-Kriterien

Innerhalb der Füllungsgruppe konnte bei 123 von insgesamt 145 untersuchten Füllungen kein Randspalt nachgewiesen werden, dies entspricht einem Prozentsatz von 84,8 %. Hingegen war in 15,2 % ( $n = 22$ ) ein Randspalt tastbar. 136 (93,8 %) der untersuchten Füllungen zeigten eine tadellose Integrität, bei 9 Füllungen (6,2 %) bestanden Risse oder Frakturen. Bei 8 von den 9 Füllungen mit Rissen oder Frakturen war zusätzlich ein Randspalt tastbar.

## **6.5 Ergebnisse der Kronengruppe**

### **6.5.1 Kronen mit endodontischer Vorbehandlung**

Von den insgesamt 31 untersuchten Kronenrestorationen innerhalb dieser Studie wurden 19 Kronen (61,3 %) nach Caries-profunda-Therapie im Sinn einer indirekten Überkappung mittels eines Calciumhydroxid-Präparats (Kerr Life, Kerr, Rastatt) angefertigt.

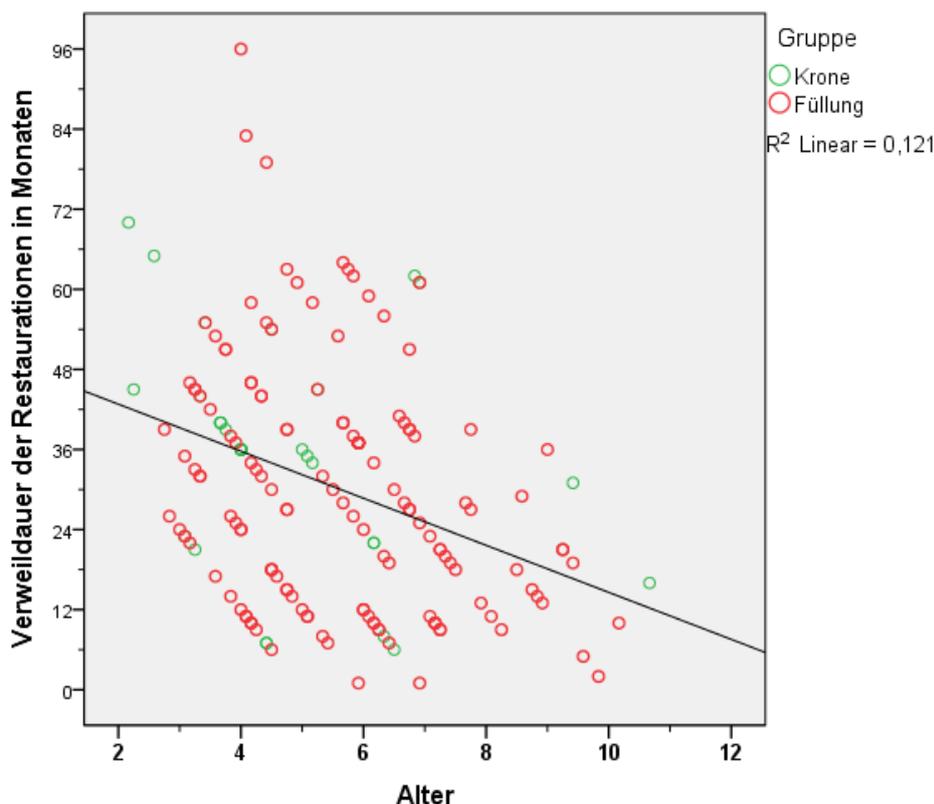
### **6.5.2 Ergebnisse der USPHS-Kriterien**

Bei der Untersuchung der Kronen wiesen 31 von 31 Kronen (100 %) keine Fistel auf. 30 der 31 evaluierten Kronen zeigten suffiziente Ränder und intakte Okklusalfächen (96,8 %). Lediglich bei 4 der 31 Kronen trat eine Blutung nach Sondierung auf (12,9 %).

## 6.6 Ergebnisse der Einfluss nehmenden Faktoren

### 6.6.1 Alter des Kindes

Der Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und der Verweildauer der Restaurationen wurde anhand eines Korrelogramms dargestellt. Vom Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde die bisherige intraorale Verweildauer der Restauration abgezogen, um das Alter bei Behandlungsbeginn zu erhalten. Aus diesem Grund erscheinen die Werte innerhalb des Korrelogramms schräg nach links. Es wurde jeweils für beide Gruppen eine Regressionsgerade gelegt, um eine mittlere Schätzgerade zu erhalten, die möglichst allen Punkten nahe kommt. In Abbildung 5 ist die Regressionsgerade (= mittlere Schätzgerade) für beide Gruppen zusammen (Krone und Füllung) dargestellt. Hierbei ist die große Streuung der Punkte zu beachten, die nur einen schwachen linearen Zusammenhang zwischen Patientenalter und Verweildauer zulässt. Der gemittelte Wert der Verweildauer für einen sechsjährigen Patienten liegt beispielsweise bei 30 Monaten, die Streuung der Werte reicht jedoch von 6 - 62 Monate (Abb. 5).



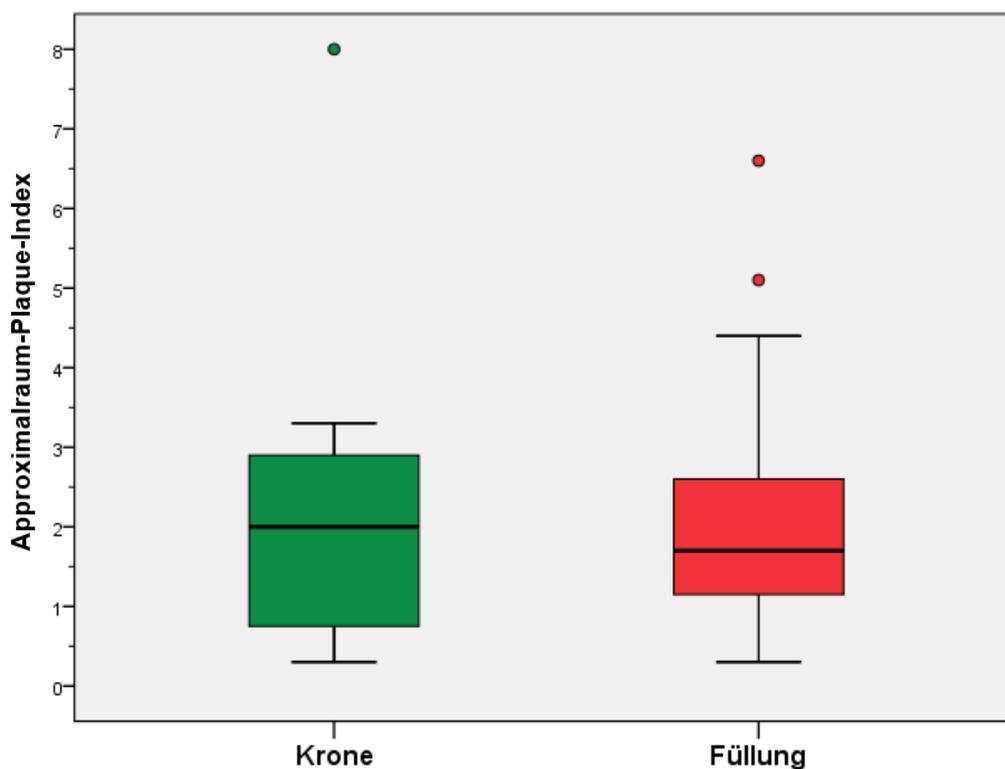
**Abbildung 5:** Korrelogramm zur Darstellung der Korrelation zwischen Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Erstbehandlung und der Verweildauer der Restaurationen differenziert nach Kronen- und Füllungsgruppe

Für die Kronengruppe wurde eine Korrelation von 11,4 % ( $R^2 = 0,114$ ), für die Füllungsgruppe 11,0 % ( $R^2 = 0,110$ ) errechnet. Für beide Gruppen zusammen wurden 12,1 % ( $R^2 = 0,121$ ) ermittelt. Es sind nur etwa 12 % der Varianz durch das Alter der Patienten erklärt, 88 % unterliegen zufälligen Schwankungen bzw. anderen Einflussgrößen.

### 6.6.2 Mundhygiene (API, SBI)

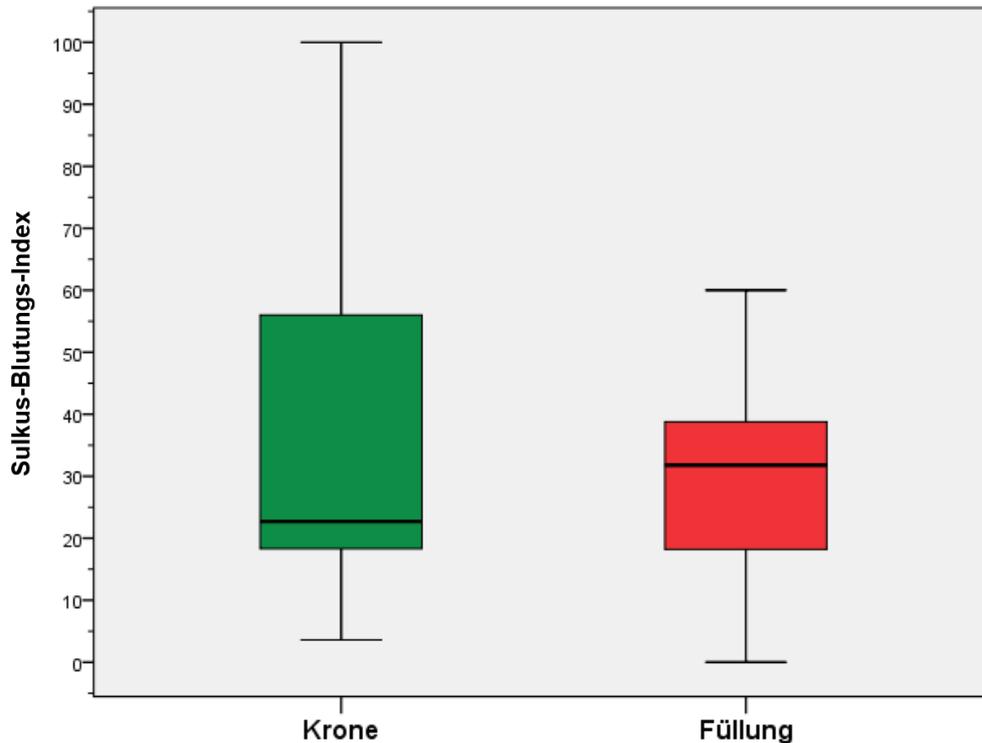
Für die Auswertung des API ( $p = 0,676$ ) und des SBI ( $p = 0,806$ ) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung konnten jeweils keine signifikant unterschiedlichen Werte zwischen der Kronen- und der Füllungsgruppe erfasst werden.

Im Median betrug der API für die Kronengruppe ( $n = 11$ ) 2,0 und für die Füllungsgruppe ( $n = 37$ ) 1,7. In beiden Gruppen betrug der Minimalwert 0,3. Das Maximum reichte in der Kronengruppe bis 8,0 und in der Füllungsgruppe bis 6,6 (Abb. 6).



**Abbildung 6:** Boxplot-Darstellung der Approximalraum-Plaques-Index-Befunde (API) der untersuchten Restaurationen differenziert nach Versorgung mit konfektionierten Kronen oder Kompomer-Füllungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

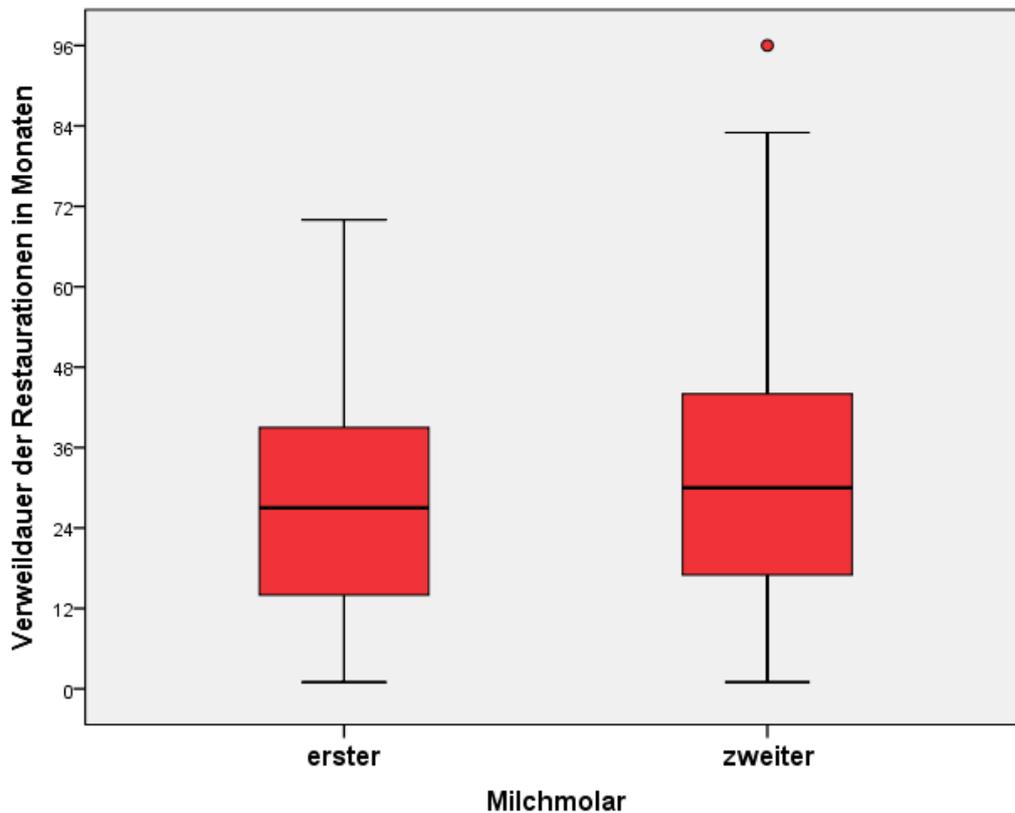
Der Median-Wert für den SBI lag in der Kronengruppe bei 22,7 % und in der Füllungsgruppe bei 31,8 %. Als Minimalwerte wurden in der Kronengruppe 3,6 % sowie in der Füllungsgruppe 0,0 % erreicht. Das Maximum betrug in der Kronen- und in der Füllungsgruppe 100 % bzw. 60 % (Abb. 7).



**Abbildung 7:** Boxplot-Darstellung der Sulkus-Blutungs-Index-Befunde (SBI) der untersuchten Restaurationen differenziert nach Versorgung mit konfektionierten Kronen und Kompomer-Füllungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

### 6.6.3 Einfluss des Milchmolaren

Die Lokalisation der Füllungsrestauration im ersten oder zweiten Milchmolaren hatte in der vorliegenden Studie keinen signifikanten Einfluss ( $p = 0,209$ ) auf die intraorale Verweildauer der Füllung. Im Median betrug die Verweildauer der Füllungen in ersten Milchmolaren 27 Monate, in zweiten Milchmolaren 30 Monate. Als maximale Verweildauer wurden an ersten Milchmolaren 70 Monate und an zweiten 96 Monate dokumentiert (Abb. 8).

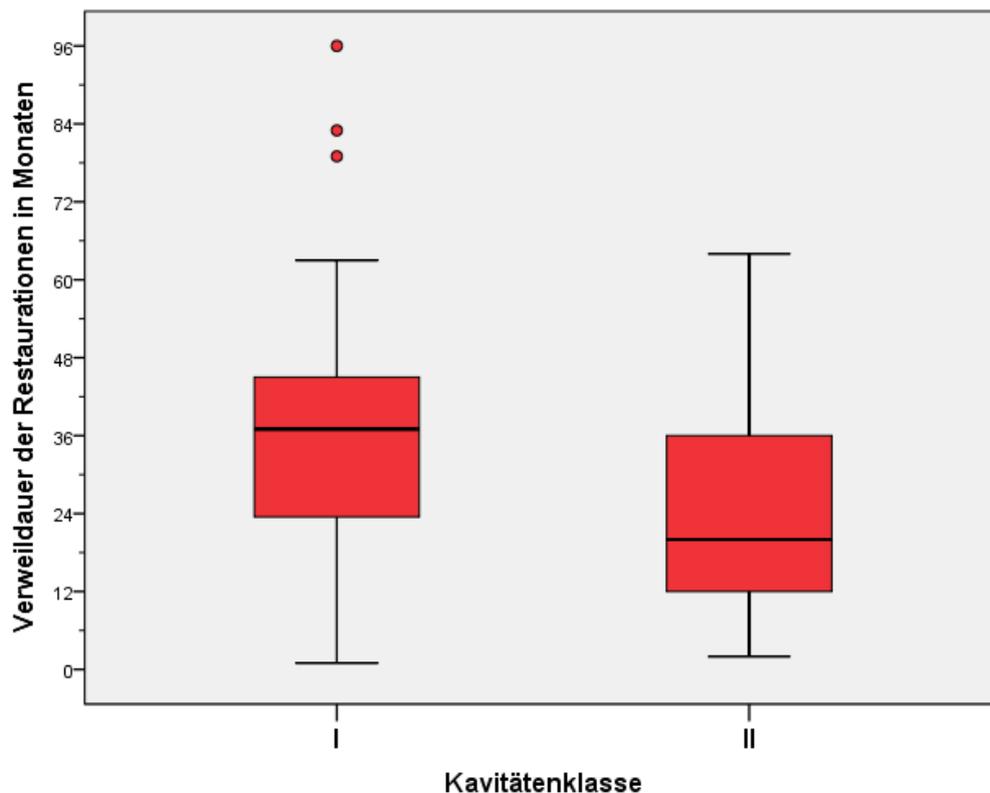


**Abbildung 8:** Boxplot-Darstellung der Verweildauer der Kompomer-Füllungen in den untersuchten Milchmolaren differenziert nach Lokalisation der Restauration im ersten oder zweiten Milchmolaren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

#### 6.6.4 Einfluss der Kavitäten-Klasse

Von den insgesamt 145 Füllungen waren 56 (38,6 %) Klasse-I- und 89 (61,4 %) Klasse-II-Füllungen.

Die intraorale Verweildauer von Klasse-I-Füllungen betrug im Median 37 Monate, die von Klasse-II-Füllungen 20 Monate. Als Maximalwert konnte bei den Klasse-I-Füllungen eine 96-monatige Verweildauer dokumentiert werden, bei den Klasse-II-Füllungen war der Maximalwert 64 Monate. Damit ist die intraorale Verweildauer von Klasse-I-Füllungen in dieser Studie signifikant ( $p < 0,05$ ) höher als die der Klasse-II-Füllungen (Abb. 9).

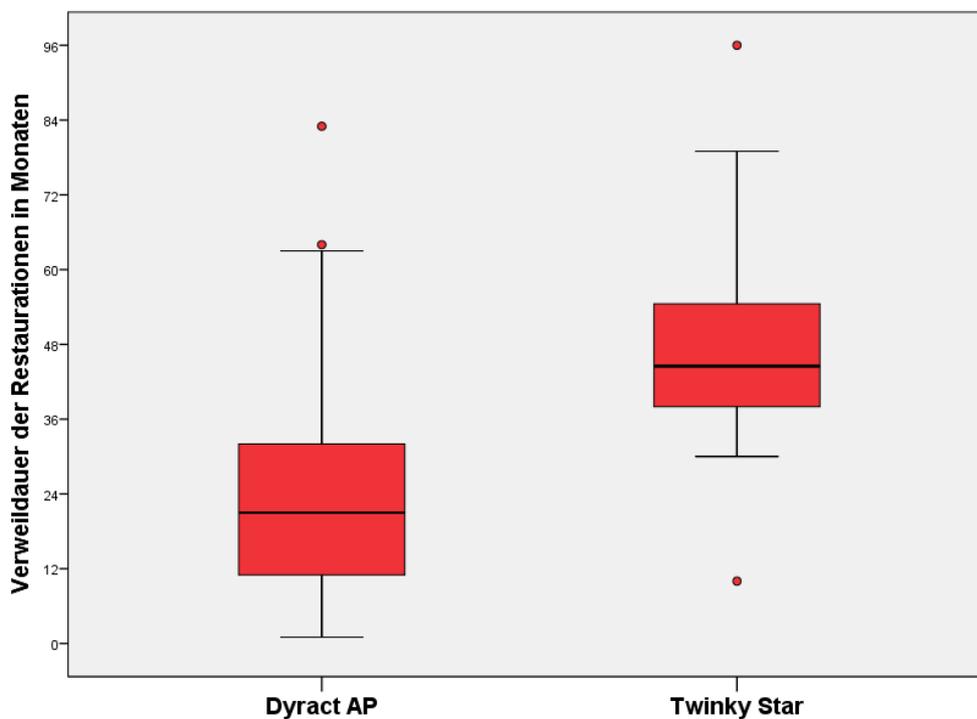


**Abbildung 9:** Boxplot-Darstellung der Verweildauer der Kompomer-Füllungen in den untersuchten Milchmolaren differenziert nach Kavitäten-Klasse I und II zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

### 6.6.5 Einfluss des verwendeten Kompomers

Von den 145 untersuchten Füllungen wurde für 109 (75,2 %) Dyract AP und für 36 (24,8 %) Twinky Star verwendet. 34 (31,2 %) der mit Dyract AP hergestellten Füllungen waren Klasse-I- und 75 (68,8 %) Klasse-II-Restaurationen. Unter den Twinky-Star-Füllungen befanden sich 22 (61,1 %) Klasse-I- und 14 (38,9 %) Klasse-II-Restaurationen.

Die Median-Werte für die Verweildauer der Füllungen beider Materialien betragen 21 Monate für Dyract AP und 45 Monate für Twinky Star. Die maximale Verweildauer für Dyract AP betrug 83 Monate, für Twinky Star 96 Monate (Abb. 10).



**Abbildung 10:** Boxplot-Darstellung der Verweildauer der Kompomer-Füllungen in den untersuchten Milchmolaren differenziert nach Versorgung mit Dyract AP beziehungsweise Twinky Star zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

### **6.7 Qualitative Auswertung der ICDAS- und DIAGNOcam-Befunde**

Bei der Auswertung der ICDAS- und der DIAGNOcam-Befunde der füllungstragenden Milchmolaren wurden die Befunde des jeweiligen Zahnes (erster oder zweiter Milchmolar mit Klasse-I- oder Klasse-II-Kompomer-Füllung) miteinander verglichen.

Es wurde geschaut, inwieweit sich ein klinisch befundeter ICDAS-Kariescode (0-5) in der Darstellung des mittels NIR-Licht aufgenommenen Bildes erkennen lässt.

Dazu wurden zuerst die klinischen Aufnahmen der Milchmolaren mit einem ICDAS-Kariescode bewertet. Die so erhobenen Kariescodes wurden danach auf Übereinstimmung mit den zuvor intraoral befundeten Codes überprüft. Im Anschluss daran wurden die DIAGNOcam-Aufnahmen derselben Milchmolaren mit einem ICDAS-Kariescode beziffert.

Da sich beide Methoden nur auf den Bereich des Füllungsrandes anwenden lassen, wurde auch nur dieser beurteilt. Kariöse Prozesse unterhalb von Restaurationen können weder mittels ICDAS- noch anhand der DIAGNOcam-Methode detektiert werden (es sei denn, der Defekt unterhalb der Restauration ist bereits über die Füllungsgrenze hinaus fortgeschritten – dieser Zustand kann mit der DIAGNOcam visualisiert werden), der Übergang von Zahnhartsubstanz zu Füllungsmaterial, ein möglicher Randspalt, hingegen schon.

Hierbei zeigte sich, dass ein ICDAS-Kariescode 3 oder 4 auch als solcher im DIAGNOcam-Bild erkennbar ist. Klinisch zeigt sich bei Code 3 ein stark verfärbter Randspalt, bei Code 4 wirft das umliegende kariöse Dentin einen Schatten. Diese Verfärbung und dieser Schatten werden auch bei der NIR-Licht-Technik deutlich als dunkles Areal sichtbar. Hierbei muss jedoch unbedingt darauf hingewiesen werden, dass sich bei Kariescode 3 die Läsion noch innerhalb des Schmelzes befindet und bei Code 4 die Schmelz-Dentin-Grenze bereits überschritten wurde.

Bei dem Vergleich von ICDAS-Kariescodes 1 und 2 mit der DIAGNOcam-Aufnahme gelang keine aussagekräftige Übereinstimmung. Die durch das ICDAS-System klassifizierten Kariescodes 1 und 2 mit klinisch ersten sichtbaren Schmelzveränderungen sind in der Darstellung durch das NIR-Licht nicht eindeutig zu identifizieren, da sie sich nur unerheblich vom Areal des Füllungsmaterials unterscheiden lassen.

Eine exakte Differenzierung (in ICDAS-Kariescode 1 oder 2) schmelzbegrenzter Läsionen bezüglich ihres Progressionsgrads scheint mit der DIAGNOcam-Diagnostik folglich nicht möglich, eine Zusammenfassung beider Kariescodes (ICDAS-Kariescode 1 und 2) in der Darstellung unter NIR-Licht hingegen schon.

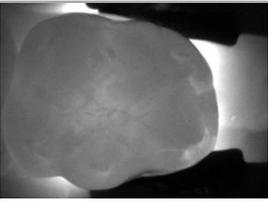
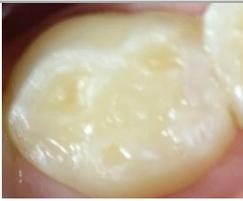
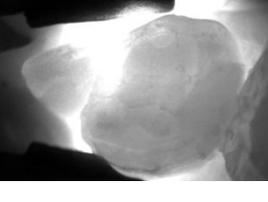
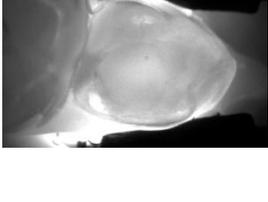
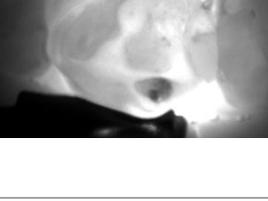
Es zeigte sich in allen Fällen eine Übereinstimmung von ICDAS-Kariescode 0 und dem jeweiligen DIAGNOcam-Bild. Wenn die Restauration klinisch intakt erschien, konnte mittels NIR-Licht nichts Gegenteiliges festgestellt werden.

Der klinisch eindrucksvolle Befund eines ICDAS-Kariescodes 5 mit zum Teil sichtbarem Dentin lässt sich indes in der DIAGNOcam-Aufnahme nicht von der Darstellung eines Kariescodes 4 unterscheiden, da in beiden Fällen die Schmelz-Dentin-Grenze bereits überschritten ist und die Transluzenz des Dentins durch den kariösen Prozess soweit herabgesetzt ist, dass dies durch das NIR-Licht bildlich sichtbar wird und gegebenenfalls allein durch die Größe des dunkel dargestellten Areals differenziert werden kann.

Abbildung 11 versucht eine Übersicht zu präsentieren, die hilft, verschiedene klinische Zustände (ICDAS) von Füllungsrestaurationen an Milchmolaren und deren Erscheinen unter NIR-Licht (DIAGNOcam) zu interpretieren.

Bei den dargestellten klinischen und unter NIR-Licht aufgenommenen Bildern handelt es sich jeweils um denselben Milchmolar.

**Abbildung 11: Klassifikation der Darstellung von NIR- und ICDAS-Diagnostik basierend auf der klinischen Erfahrung im Zuge dieser Studie**

| ICDAS-Kariescode | Beschreibung   | DIAGNOcam-Bild  | Klinisches Bild  | Konsequenz   |
|------------------|--|---|--|--|
| <b>0</b>         | Gesunde Oberfläche, suffiziente Restauration                 |    |    | Kariesüberwachung  |
| <b>1</b>         | Erste sichtbare Zeichen im Schmelz, suffiziente Restauration |    |    | Kariesüberwachung und -prävention  |
| <b>2</b>         | Kariöse Läsion, Restaurationsrand leicht verfärbt            |   |   | Kariesüberwachung und -prävention, Politur der Restauration, ggf. Korrektur    |
| <b>3</b>         | Etablierte Schmelzkaries, Restaurationsrand stark verfärbt   |  |  | Kariesüberwachung und -prävention, Korrektur der Restauration, ggf. Erneuerung |
| <b>4</b>         | Dentinkaries, Restauration insuffizient                      |  |  | Anfertigung von Bissflügel-Aufnahmen, invasive Therapie                        |
| <b>5</b>         | Tiefe Dentinkaries, Restauration insuffizient                |  |  | Anfertigung von Bissflügel-Aufnahmen, invasive Therapie                        |

## 7 Diskussion

### 7.1 Diskussion der Fragestellung

Die Restauration kavittierter kariöser Milchmolaren ist in vielen Fällen eine klinische Herausforderung und mitunter erfolglos. Sowohl restaurative als auch pulpitische Komplikationen können die Lebensdauer der Restauration oder des Zahnes begrenzen [239]. Anforderungen an eine akzeptable Versorgung sind: Langlebigkeit, Effektivität, Ästhetik sowie eine möglichst einfache und rasche Handhabung. Konfektionierte Stahlkronen sind für die Restauration stark zerstörter Milchmolaren vielfach empfohlen worden und mehrflächigen Füllungen, unabhängig vom jeweils verwendeten Füllungsmaterial, überlegen [14,119,224-226,270].

Stahlkronen erfüllen fast alle der oben genannten Forderungen, sie sind für einen geübten Behandler einfach in der Nutzung, effektiv und langlebig. Einzig ihr unästhetisches Äußeres lässt nach Alternativen suchen; bei beiden Restaurationsformen sind in der Regel eine Lokalanästhesie und eine Präparation des Zahnes notwendig. Kompomer-Füllungen hingegen erfordern aufgrund ihrer Techniksensitivität eine adäquate Trockenlegung und aufgrund dessen eine bessere Kooperation des Patienten.

Zu Beginn dieser Arbeit existierten nur wenige Studien, die Stahlkronen und Füllungsrestaurationen verglichen haben. Darunter einige ältere, die den Vergleich mit Amalgam-Füllungen prüften [34,61,72,80,180,203,226], eine weitere Studie, die konfektionierte Kronen und kunststoffmodifizierte Glasionomerezemente als geeignete Versorgungsmethoden für kariös zerstörte Milchmolaren überprüfte [227], sowie eine Arbeit zur Gegenüberstellung von Komposit-Füllungen mit Stahlkronen [13].

Da es zum Zeitpunkt des Beginns der eigenen Arbeit in der Literatur keine Studie gab, die sich mit dem Vergleich von Kompomer-Füllungen und konfektionierten Kronen beschäftigte, sollte dieser in der vorliegenden Pilotstudie untersucht werden.

Die Frage nach der Vergleichbarkeit beider Restaurationsarten führt schnell zu einem Ende, denn ein Vergleich zwischen Stahlkrone und Kompomer-Füllung lässt sich nicht herstellen, lediglich der klinische Erfolg beider Therapiemöglichkeiten kann ermittelt werden und jede Restaurationsform für sich kann anhand definierter Bewertungskriterien evaluiert werden. Dies war ein Ziel der vorliegenden Arbeit.

Vergleicht man die Daten klinischer Studien zur Langlebigkeit der einzelnen Restaurationen, muss man aufgrund unterschiedlicher Studiengestaltung (prospektiv [13,59,67,232], retrospektiv [72,203,227]) und Studienbedingungen (Universitätsklinik [4,61,68,72,232,242], spezialisierte Zahnarztpraxis [34,202,226,227], allgemein Zahnärztliche Praxis [13,68,133]) Vorsicht walten lassen. Zudem kann die Beurteilung eines Erfolgs oder Misserfolgs der untersuchten Restaurationen zwischen den einzelnen Studien aufgrund differierender Auswertung der Bewertungskriterien stark variieren.

Die vorliegende Pilotstudie stellt eine retrospektive Querschnittsstudie dar. Es sollten Kompomer- und Kronen-Restaurationen mithilfe von Bewertungskriterien [230] beurteilt, potenziell ursächliche oder zumindest assoziierte Faktoren für die Langlebigkeit von Restaurationen erhoben und Erfolgsraten ermittelt werden. Da die Faktoren retrospektiv erfasst worden sind, müssen Interpretationen der Angaben mit Zurückhaltung erfolgen, um keine verfälschten Ergebnisse durch verzerrende Einflussgrößen zu erhalten [45]. Die Erkenntnisse dieser Arbeit sollen die Basis für eine prospektive, randomisierte klinische Studie bilden.

## **7.2 Diskussion von Probanden und Methodik**

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit dem In-vivo-Vergleich von Kompomer-Füllungen und konfektionierten Stahlkronen als Restaurationsarten für die Versorgung kariöser Läsionen an Milchmolaren. Hierfür wurden Patienten des CharitéCentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde nachuntersucht, die bereits eine umfassende zahnmedizinische Behandlung erfahren hatten und die die zu überprüfenden Restaurationen seither ( $\geq 2006$ ) im Mund trugen.

Ziel dabei war es, die zwei Versorgungsformen anhand klinischer Bewertungskriterien zu evaluieren und deren Zweckmäßigkeit für eine Folgestudie zu testen, deren Langlebigkeit zu vergleichen sowie Erfolgsraten zu ermitteln. Dafür wurden Patientenakten studiert und diejenigen ausgewählt, die den zuvor aufgestellten Einschlusskriterien (vgl. 5.2) entsprachen (Restauration mindestens 12 Monate in situ).

Es kam vor, dass einige mit Füllungen oder Kronen restaurierte Milchmolaren zum Zeitpunkt des Nachuntersuchungstermins nicht mehr in situ und bereits physiologisch exfoliert waren. Da dieser Sachverhalt nur bei Patienten mit mehreren restaurierten Milchmolaren auftrat, wurde lediglich der entsprechende nicht mehr existierende Milch-

molar von der Studie ausgeschlossen und die anderen Zähne des Patienten befundet. Vorteilhaft bei der Inklusion dieser bereits exfolierten Zähne wäre gewesen, dass sowohl die tatsächliche intraorale Verweildauer als auch der (mögliche) Versagensgrund der Restaurationen genau hätten bestimmt werden können. Die klinische Diagnostik mittels Ryge-Kriterien und DIAGNOcam wäre jedoch bei exfolierten Zähnen entfallen. Für eine geplante Folgestudie sollten die Studienzähne nach Möglichkeit bis zu ihrer Exfoliation kontrolliert werden, um die intraorale Verweildauer exakt zu erfassen.

In Vorbereitung auf die in der klinischen Nachuntersuchung zum Einsatz kommenden diagnostischen Methoden wurden 20 beliebige Patienten aus dem Patientenstamm des Arbeitsbereichs Kinderzahnmedizin der Charité - Universitätsmedizin Berlin mit Füllungs- und Kronenrestorationen in situ mittels DIAGNOcam-Verfahren untersucht sowie durch USPHS-Kriterien und ICDAS-System bewertet. Die Anwendung der USPHS-Kriterien und der DIAGNOcam erfolgten in Eigenstudium, die Reliabilität für den Umgang mit der DIAGNOcam erfolgte zusätzlich telefonisch mithilfe eines Servicemitarbeiters der Firma KaVo sowie persönlich auf dem Deutschen Zahnärztetag 2014 in Frankfurt a. M. Die Kalibrierung für die ICDAS-Befundung fand im Vorfeld im Rahmen eines Seminars (vgl. 5.3.3) statt.

Bei der Durchführung der vorliegenden retrospektiven Studie wurde sowohl auf schon bestehende Daten aus den Patientenakten zurückgegriffen als auch neue Daten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung erhoben. Aufgrund der geringen Patientenzahl fand im Vorfeld keine Randomisierung der Patienten in eine der beiden Gruppen (Krone/Füllung) statt, da die gleichmäßige Verteilung der Patienten in die Studiengruppen hinsichtlich einzelner Faktoren (Geschlecht, Alter) nicht gewährleistet werden konnte. Um eine höhere Patientenzahl zu generieren, hätte alternativ die Patientenrekrutierung auf Patienten aus anderen Abteilungen, z. B. aus der Kieferorthopädie, ausgeweitet werden können. Dies hätte bedeutet, dass die zu evaluierenden Restaurationen von verschiedenen Behandlern angefertigt worden wären, was eine einheitliche Beurteilung erschwert hätte.

Für die vorliegende Pilotstudie wurden 48 Kinder im Alter von 5 bis 12 Jahren mit insgesamt 145 Restaurationen untersucht, darunter 37 in der Füllungs- sowie 11 in der Kronengruppe. 7 der Kinder wiesen sowohl Füllungs- als auch Kronenrestorationen auf und waren somit in beiden Gruppen vertreten (vgl. 6.1). Auch in anderen klinischen

Studien findet sich eine ungleiche Anzahl von untersuchten Kronen- und Füllungsrestaurationen, in denen die Füllungen stets überwogen [34,61,180,203,226].

Die Auswertung erfolgte zahn- und nicht patientenweise. Bei einer patientenweisen Auswertung wäre ein Zahn pro Patient beurteilt worden. Schwierig hierbei wäre gewesen, *den einen* Zahn auszuwählen, der in die Bewertung einfließen soll. Anhand zuvor aufgestellter Auswahlkriterien hätte ein entsprechender Zahn selektiert werden müssen (beispielsweise derjenige mit der bisher längsten intraoralen Verweildauer). Auf diese Weise hätte eine Überrepräsentation von Patienten mit mehreren Restaurationen vermieden werden können. Andererseits wären so die weiteren Restaurationen eines Patienten nicht statistisch berücksichtigt worden.

Es wurden fünf- bis zwölfjährige Kinder in die Studie eingeschlossen, da innerhalb dieser Altersgruppe zu erwarten ist, dass in der Regel (noch) alle Milchmolaren (bei zwölfjährigen Kindern die zweiten Milchmolaren) in situ sind. Geht man davon aus, dass ein Kind kurze Zeit nach vollständiger Eruption der Milchmolaren eine Karies erfährt und diese behandelt wird, befindet sich diese Restauration bei fünfjährigen Kindern etwa 1 bis 2 Jahre in situ.

Aufgrund ungenügender Compliance bei unter fünfjährigen Kindern wurden vom Behandler (C. F.) in der Regel provisorische Füllungen mit IRM (Intermediate Restorative Material; Dentsply, Artikelnr. 60661500, Konstanz) angefertigt. Hinsichtlich mangelnder Compliance und gewähltem provisorischen Füllungsmaterial wurden Kinder dieser Altersgruppe von der Studie ausgeschlossen.

Die Anzahl untersuchter Restaurationen in vergleichbaren klinischen Studien mit einer Studiendauer von zwei Jahren reichte von 64 [61] bis 183 [203] Kronen- und 80 [13] bis 198 [203] Füllungsrestaurationen. Entsprechend höhere Patientenzahlen finden sich bei Arbeiten mit längerer Studiendauer [180,226,227]. In der vorliegenden Studie war die Zahl der Restaurationen in der Füllungsgruppe und der Kronengruppe ungleich. Die Füllungsrestaurationen (n = 145) überwogen gegenüber den konfektionierten Kronen (n = 31).

Die Ergebnisse der Erfolgsraten dieser Pilotstudie sollten aufgrund der zum Teil nur geringen Patientenzahl mit Zurückhaltung interpretiert werden und die Basis für eine neue prospektive Studie bilden.

In der vorliegenden Arbeit wurde bestehendes Patientengut analysiert und kein experimenteller Ansatz verfolgt. In der Literatur finden sich viele Untersuchungen, die einen retrospektiven Studienansatz verfolgten [61,72,180,203,226,227].

Es muss berücksichtigt werden, dass ausschließlich Patienten aus dem Arbeitsbereich Kinderzahnmedizin der Charité in die Studie einbezogen wurden, die sich bereits in langjähriger zahnärztlicher Behandlung befanden und hinsichtlich ihrer Mundhygiene sensibilisiert waren. Alle untersuchten Patienten wurden von demselben Zahnarzt (C. F.) behandelt und waren zum Zeitpunkt der klinischen Nachuntersuchung durchbehandelt, das heißt bei den Patienten lagen keine aktiven kariösen Läsionen vor. Daher spielt die Kariesaktivität der Kinder innerhalb dieser Arbeit eine untergeordnete Rolle.

Die klinische Erfahrung des Behandlers sollte ein Hauptkriterium für die Wahl der geeigneten Therapiemethode bei kariösen Milchmolaren sein [235]. Es gibt in der Literatur klare Indikationen für konfektionierte Kronen [7,152,225] (vgl. 3.1.3.4). In der vorliegenden Studie gab es keine objektiven Indikationen für eine Therapie mit konfektionierten Kronen oder mit Kompomer-Füllungen. Diese Entscheidung oblag allein der subjektiven Einschätzung des in der Kinderzahnmedizin erfahrenen Behandlers und kann retrospektiv nicht nachvollzogen werden.

Die Anzahl und Art der Restaurationen pro Patient variierte stark. So kam es vor, dass ein Patient acht Restaurationen aufwies, ein anderer hingegen nur eine. Es wurden alle Restaurationen des jeweiligen Patienten nachuntersucht und in die Bewertung einbezogen. So ist es möglich, dass einige Patienten in der Auswertung überrepräsentiert sind.

Um dieses Phänomen zu vermeiden, wäre eine Split-mouth-Studie sinnvoll gewesen, in der jeder Patient sowohl eine Kronen- als auch eine Füllungsrestauration im Mund trägt, die evaluiert werden kann. Dieser Studienansatz basiert auf sehr strengen Einschlusskriterien (Vorhandensein einer symmetrischen Karies). Um eine Split-mouth-Studie zu realisieren, ist basierend auf dieser Pilotstudie eine prospektiv angelegte Folgestudie geplant.

Prospektiv geplante, randomisierte, klinisch kontrollierte Studien versprechen eine hohe Qualität und ermöglichen gesicherte Aussagen zu den zuvor aufgestellten Fragestellungen, sind jedoch nicht immer umsetzbar. Atieh [13] wählte ein solches prospektives randomisiertes Studiendesign: In seiner Arbeit wurde den Patienten jeweils eine Krone

und eine Füllung angefertigt und anschließend deren klinisches Verhalten in regelmäßigen (6-, 12-, 18-, 24-monatigen) Kontrollen verglichen.

Im Gegensatz zu anderen Studien mit terminlich festgelegten Zwischenuntersuchungen [13,227] wurden bei der eigenen Arbeit keine solchen Termine eingehalten. Die zeitlich erfassten Daten zur intraoralen Verweildauer der Restaurationen ergaben sich durch die Termine, die entweder durch den behandelnden Zahnarzt in Form von regelmäßigen Recall-Terminen festgelegt oder durch den Patienten selbst nach Erhalt des Einladungsbogens (vgl. 10.5.1) bestimmt wurden.

Die Verweildauer der jeweiligen Restauration wurde als das zeitliche Intervall zwischen dem Datum der Therapie und der Nachuntersuchung im Rahmen dieser Studie bestimmt. Im Falle eines Misserfolgs wurde das Datum, an dem die Restauration als Verlust verzeichnet wurde, als letzter Tag der Verweildauer gewertet. Infolge des retrospektiven Ansatzes dieser Studie wurden intraorale Verweildauern von 1 bis 96 Monaten (vgl. 6.2, Abb. 3) verzeichnet.

Hierbei ist zu beachten, dass die Verweildauer zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nichts über die eigentliche Überlebenszeit der jeweiligen Restauration aussagt. Am Tag der Nachuntersuchung wurde die bisherige intraorale Verweildauer aller Restaurationen eines Patienten dokumentiert. Da alle Restaurationen eines Patienten erfasst wurden, kam es vor, dass einige Restaurationen eine Verweildauer von nur wenigen Monaten aufwiesen, weil diese erst vor kurzer Zeit angefertigt wurden. Dadurch sind die minimalen Verweildauern für beide Gruppen erklärbar, die in der Kronengruppe bei 6 Monaten und in der Füllungsgruppe bei nur einem Monat lagen.

Gleiches gilt für die erfassten Maximalwerte. Die maximale Verweildauer in der Kronengruppe wurde mit 70 Monaten erfasst. In der Füllungsgruppe lag der Maximalwert bei 96 Monaten. Auch diese Werte geben keinen Anhaltspunkt für die tatsächliche Überlebensdauer, da die Restaurationen weiterhin suffizient in situ sind.

Die Verweildauern wurden für jeden restaurationstragenden Milchmolaren festgehalten. Die Aussagen zu minimalen und maximalen Verweildauern beziehen sich folglich auf einzelne Zähne eines Patienten. Diese zahnweise Dokumentation ist auf der einen Seite sehr exakt, da für jeden Zahn ein Wert erfasst wird, auf der anderen Seite hat jeder Zahn unterschiedliche Ausgangszustände (z. B. die Lage und Tiefe der kariösen Läsi-

on) und damit Voraussetzungen für klinischen Erfolg. Folglich muss die dokumentierte Verweildauer der einzelnen Zähne vorsichtig interpretiert werden.

Um den Karies-Status der Probanden in der vorliegenden Studie zu ermitteln, wurde das ICDAS-System [50] verwendet. Es hätten auch andere Karies-Indizes wie der DMFT-Index [154] zum Einsatz kommen können. Er basiert – im Gegensatz zum ICDAS-System – auf einer zahnbezogenen Auswertung. Sobald mindestens eine Zahnfläche kariös oder restauriert ist, wird der gesamte Zahn gewertet. Auf diese Weise kann der tatsächliche Erkrankungszustand nur begrenzt wiedergegeben werden. Für detailliertere Fragestellungen sind zahnflächenbezogene Erhebungen sinnvoll und notwendig. Aus diesem Grund sollte in einer geplanten Folgestudie das ICDAS-System gegenüber anderen Karies-Indizes den Vorzug erhalten.

Die Entscheidung, das ICDAS-Verfahren für die vorliegende Studie zu verwenden, basierte auf dem Vorhaben, jede Fläche eines Zahnes zu bewerten, um die genaue Lokalisation einer Karies und deren eventuellen Zusammenhang mit einer Füllung zu dokumentieren.

Eine weitere Limitation dieser Arbeit ist das Nichtvorhandensein von Röntgenbildern zur Identifikation des radiologischen Ausgangsbefunds zum Zeitpunkt der Behandlung sowie zur Dokumentation des weiteren Behandlungsverlaufs. Es wurde auf Bissflügelaufnahmen verzichtet, um die Strahlenbelastung zu vermeiden. Stattdessen wurden die füllungstragenden Milchmolaren mittels DIFOTI-Technologie diagnostiziert.

Das DIAGNOcam-Verfahren hat in bisherigen klinischen Studien gute Ergebnisse erzielen können [43,248] (vgl. 3.2.3) und ist zur Detektion von Sekundärkaries geeignet [107] (vgl. 5.3.4). Die nicht mögliche Diagnostik von Zahnwurzeln und umgebendem Knochen ist, besonders hinsichtlich der Beurteilung konfektionierter Kronen, als Defizit anzusehen. Eine geplante Folgestudie sollte sowohl Bissflügelaufnahmen als Goldstandard als auch die DIFOTI-Technologie nutzen.

Zähne mit einer Caries-profunda-Therapie (indirekte Überkappung) wurden nicht separat analysiert. Es wurden sämtliche Zähne (mit/ohne Caries-profunda-Therapie) nachuntersucht und in die Bewertung eingeschlossen.

Es existieren in der Literatur augenblicklich keine Daten, in denen innerhalb einer Studie ein Vergleich klinischer Erfolge von Restaurationen an Milchmolaren mit und ohne vorherige Caries-profunda-Behandlung untersucht wurde. Dies mag daran liegen, dass das Kriterium *Indirekte Überkappung* in anderen Arbeiten ein Ein- bzw. Ausschlusskriterium war und aus diesem Grund nicht alle Zähne in die Untersuchungen einbezogen wurden.

Es gibt Arbeiten über die Erfolgsraten nach indirekter Überkappung und anschließender unterschiedlicher restaurativer Versorgung. Hinsichtlich dieser Fragestellung erzielten die mit konfektionierten Kronen versorgten Milchmolaren in der Studie von Al-Zayer et al. [6] signifikant höhere Erfolgsraten als Amalgam-Füllungen. Zudem scheiterte eine indirekte Überkappung an ersten Milchmolaren signifikant öfter als an zweiten Milchmolaren. Dieses Ergebnis deckt sich mit anderen klinischen Arbeiten, in denen erste Milchmolaren stets schlechter abschnitten (vgl. 7.3.3.2).

In einer weiteren retrospektiven Studie von Farooq et al. [86] erzielten mit indirekter Überkappung therapierte Milchmolaren (93 %) signifikant höhere Erfolgsraten als Milchmolaren, die zuvor eine Pulpotomie mit Formokresol (74 %) erhielten. Schüler et al. [235] fanden dagegen keinen signifikanten Unterschied bezüglich des klinischen Erfolgs von Stahlkronen mit (96,9 %) und ohne (98,3 %) vorheriger Pulpotomie.

Die Unterschiedlichkeit der Studienergebnisse [6,86,235] kann auf verschiedene Punkte (Ein-/Ausschlusskriterien, Röntgenbefund, Erfahrung des Behandlers, verwendete Materialien) zurückgeführt werden. Aufgrund dieser Unterschiedlichkeit fällt es schwer eine Aussage darüber zu treffen, inwieweit es gravierend ist, dass in der vorliegenden Pilotstudie keine Differenzierung zwischen Zähnen mit und ohne vorheriger Caries-profunda-Therapie vorgenommen wurde. Eine geplante Folgestudie sollte durch konkret gewählte Ein- und Ausschlusskriterien Zähne mit endodontischer Vorbehandlung separat analysieren.

### **7.2.1 Diskussion der statistischen Methoden**

Um die fehlende Normalverteilung der Merkmalsausprägung zu berücksichtigen, sind für die statistische Analyse mit SPSS nonparametrische Tests herangezogen worden. Der Mann-Whitney-U-Test für unverbundene Stichproben gilt als robustester Test für zwei unabhängige Messreihen und wurde verwendet, um einen möglichen statistisch

signifikanten Unterschied zwischen Kavitäten-Klassen, Milchmolaren, Kompomer-Material, Patientenalter, Mundhygiene und Verweildauer der Restaurationen zu prüfen. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson wurde durchgeführt, um den Zusammenhang zweier nominalskaliertes Merkmale (z. B. bei der Mundhygiene (API, SBI) von Kronen- und Füllungsgruppe) zu untersuchen. Hinsichtlich der zu prüfenden Fragestellungen gab es keine alternativen statistischen Methoden.

## **7.3 Diskussion der Ergebnisse**

### **7.3.1 Diskussion der Ergebnisse der konfektionierten Kronen**

Der hohe klinische Erfolg der konfektionierten Kronen in der vorliegenden Arbeit (93,5 %) bestätigt die Zahlen früherer Studien, die Überlebensraten zwischen 90 und 100 % nach 2 bis 10 Jahren für konventionell eingesetzte konfektionierte Kronen angeben [13,119,225,235,243].

Mit der Hall-Technik eingegliederte Stahlkronen erreichen nach 48 Monaten eine Erfolgsrate von 92 % [135]. Auch eine aktuelle Studie aus dem Jahr 2014 spricht den nach der Hall-Technik versorgten Milchzähnen klinisch signifikant bessere Ein-Jahres-Ergebnisse zu als Milchzähnen, die mit Kompomer-Füllungen versorgt wurden [232].

Die in der vorliegenden Studie nachuntersuchten Kronen wurden alle konventionell angefertigt und nicht im Sinne der Hall-Technik eingesetzt. Die Zementierung erfolgte stets mit Zinkoxidphosphat-Zement (vgl. 5.2). Diese Einheitlichkeit stärkt die Vergleichbarkeit der Restaurationen innerhalb der Kronengruppe.

Die Zement-Auswahl scheint kein kritischer Faktor zu sein [152]. In in vivo [149] und in vitro [195] durchgeführten Studien konnte kein signifikanter Unterschied zwischen verschiedenen Zementen festgestellt werden. Roberts und Sherriff [226] erzielten eine 92%ige Fünf-Jahres-Erfolgsrate für konfektionierte Kronen, die teils mit verstärktem Zinkoxid-Eugenol-Zement und teils mit Glasionomierzement eingesetzt wurden.

Die Kariestherapie mit konfektionierten Kronen scheint deutlich wirtschaftlicher und prognostisch günstiger zu sein als die Versorgung mit mehrflächigen Füllungen [80,119,133,152,225,232,239,240].

Eine aktuelle Studie von Schwendicke et al. [239] hat die Rentabilität dreier Behandlungsmöglichkeiten für kavitierte kariöse Milchmolaren untersucht. Miteinander vergli-

chen wurden konventionelle Exkavation mit anschließender plastischer Restauration (verschiedene Materialien), Hall-Technik und Pulpotomie. Dokumentiert wurden die Untersuchungen bis zur Exfoliation des entsprechenden Zahnes. Die konventionelle Therapie war am uneffizientesten und erwies sich als teurer als die Hall-Technik. Auch Innes et al. [133] konnten in ihrer über zwei Jahre angelegten randomisierten Split-mouth-Studie die Effizienz der Hall-Technik gegenüber einer konventionellen Füllungs-therapie für kariöse Milchmolaren nachweisen.

Konfektionierte Kronen müssen nur in Ausnahmefällen (z. B. okklusale Perforation) erneuert werden. Eine vorzeitige oder zusätzliche Nachbehandlung ist deshalb selten erforderlich [72,88,152,194,231,237]. Auf diese Weise versorgte Milchmolaren können in der Regel bis zu ihrer physiologischen Exfoliation erhalten werden [48,88,152,224,238,269].

Diese Erwartung stimmt mit der in der eigenen Arbeit aufgestellten Hypothese überein, dass die Entscheidung für eine Kompomer-Füllung anstelle einer konfektionierten Krone häufigere Folgebehandlungen nach sich zieht, und kann bestätigt werden.

Eine Sekundärkaries kann durch das Überkronen mit einer konfektionierten Krone verhindert werden. Kann das Milieu eines kariesaktiven Biofilms verändert werden, beispielsweise durch das Versiegeln einer Karies mit einer Restauration und der damit einhergehenden Isolierung dieser Karies von Nährstoffen der oralen Kavität, arretiert der Kariesprozess [133,176].

Lege artis eingesetzte konfektionierte Kronen sind zahnfarbenen Füllungsmaterialien in der Therapie kariöser Defekte überlegen [14,119]. Untermuert wird diese Feststellung von den Ergebnissen der eigenen Arbeit, in der lediglich zwei der nachuntersuchten Kronen erneuert werden mussten (vgl. 6.3). Messer und Levering [180] prognostizieren beispielsweise in ihrer retrospektiven Studie zur Langlebigkeit von über 2000 Restaurationen, dass bei vierjährigen und jüngeren Kindern die Erfolgsrate von konfektionierten Kronen zweimal so hoch ist wie die von Klasse-II-Amalgam-Füllungen für eine angenommene Tragedauer von 10 Jahren und länger.

Scheitern aufgrund von Fistelbildung in der Kronengruppe trat nicht auf. Durch jeweils eine Krone mit insuffizientem Rand sowie eine Krone mit perforierter Okklusalfäche beträgt die Misserfolgsrate der eruierten Kronenrestorationen 6,5 % (vgl. 6.5.2). Die

hohe klinische Erfolgsrate der Stahlkronen steht im Einklang mit bisher publizierten Studien [226,227].

### **7.3.2 Diskussion der Ergebnisse der Kompomer-Füllungen**

Die Erfolgsquote der Füllungsrestorationen innerhalb dieser Studie beträgt 74,5 % und liegt im Bereich der publizierten Überlebensraten von Langzeitstudien der letzten Jahre für Kompomer- (und Komposit-)Füllungen; dabei lagen die klinischen Zwei-Jahres-Erfolgsraten zwischen 55 und 96 % [67,68,110,204].

In der vorliegenden Arbeit wurden nur 37 der 145 untersuchten Füllungen nach einer durchschnittlichen Liegedauer von 23,4 Monaten als klinisch insuffizient klassifiziert (vgl. 6.3). Füllungsverlust oder -bruch und Sekundärkaries wurden bei den Kompomer-Restorationen als klinischer Misserfolg gewertet.

Die Versagensquote der Füllungen in dieser Arbeit liegt bei 25,5 % und setzt sich aus dem Versagen aufgrund von Karies (21,4 %) sowie dem Versagen aufgrund von Füllungsverlust bzw. -bruch (4,1 %) zusammen (vgl. 6.3). Die Zahl der Füllungsrestorationen, die Sekundärkaries aufwiesen, deckt sich mit Zahlen aus früheren Studien [58,59, 68,148,174,175,232].

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, weshalb eine so hohe Anzahl an Kompomer-Füllungen gelegt wurde, wenn konfektionierte Kronen in der Regel längere Verweildauern aufweisen. Diese Frage ist retrospektiv schwer zu beantworten. Zu bestätigen ist, dass der Behandler eine Füllungstherapie bevorzugt hat. Inwieweit die Wünsche der Eltern bei der Therapiewahl berücksichtigt wurden, ist im Nachhinein nicht zu prüfen.

Wie zahlreiche andere Autoren berichten, ist die Anfertigung konfektionierter Kronen in der allgemeinen Praxis nicht sehr beliebt und ihr Potenzial wird nicht ausgeschöpft [85,132,134,225,235,255]. Threlfall et al. [255] fanden, dass nur 3 % der 93 befragten Allgemeinzahnärzte in England konfektionierte Kronen routinemäßig verwenden, 82 % haben sie noch nie verwendet. Diese Feststellung untermauern Zahlen der Studie von Innes et al. [132]: Konfektionierte Kronen machten nur 0,4 % aller Milchzahn-Restorationen aus, die 2001/2002 in Schottland angefertigt wurden.

### 7.3.3 Diskussion der beeinflussenden Faktoren

Viele Faktoren haben Einfluss auf die Langlebigkeit von Restaurationen [41,119,232]. In der vorliegenden Studie wurden das Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Behandlung (vgl. 6.6.1), die Mundhygiene (vgl. 6.6.2), der betroffene Milchmolar (vgl. 6.6.3) sowie die Kavitäten-Klasse (vgl. 6.6.4) untersucht. Dabei wurde jeweils versucht, eine Korrelation zur Langlebigkeit der Restaurationen herzustellen, was für die meisten Faktoren nicht eindeutig gelang.

#### 7.3.3.1 Diskussion des Patientenalters

Das Alter des Kindes zum Zeitpunkt der Erstbehandlung ist ein Hauptfaktor für die klinische Dauerhaftigkeit einer Restauration [22,116,119,180,266]. Zahlreiche Studien zeigten einen umgekehrt proportionalen Zusammenhang zwischen dem Patientenalter zum Zeitpunkt der Therapie und der klinischen Lebensdauer der Restauration [116,170,189,226,266,270].

Diese Korrelation zwischen Lebensalter und Langlebigkeit lässt sich in der vorliegenden Studie nicht nachweisen. Hier erklärt das Alter nur 12 % ( $R^2 = 0,12$ ) der Variabilität der Lebensdauer der Restaurationen (vgl. 6.6.1, Abb. 5). Diese schwache Korrelation mag an der, im Vergleich zu oben genannten Studien, geringen Patientenzahl und an der Tatsache liegen, dass die Mehrzahl der Restaurationen in dieser Studie zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch in situ war sowie an den sehr unterschiedlichen Verweildauern der Restaurationen. Für eine geplante Folgestudie sollten zum einen die Studienpatienten ein ähnliches Lebensalter zum Zeitpunkt der Restaurationsanfertigung haben und zum anderen die zu untersuchenden Restaurationen nach einer bestimmten intraoralen Mindestverweildauer selektiert werden.

Eine Restauration, die bei einem sehr jungen Patienten (z. B. mit 3 Jahren) eingesetzt wird, hat per se eine größere Chance, länger in situ zu sein als eine Restauration, die bei einem älteren Patienten (z. B. mit 10 Jahren) eingesetzt wird, da eine baldige Exfoliation bevorsteht. Folglich sagt die Verweildauer im Rahmen einer Querschnittsstudie nicht zwangsläufig etwas über die Überlebensdauer aus (vgl. 7.2).

Bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse zur Langlebigkeit in der eigenen Arbeit stellt die geringe Varianz innerhalb der Altersverteilung in beiden Gruppen (vgl. 6.1, Abb. 2) einen einheitlichen Faktor dar.

Da die Patienten der Kronen- (Mittelwert: 6,3) und Füllungsgruppe (Mittelwert: 5,9) bei Insertion der Restaurationen annähernd gleich alt waren und es somit keinen statistisch signifikanten Unterschied ( $p = 0,839$ ) zwischen den Gruppen gibt, existiert eine theoretische Chancengleichheit bezüglich der Langlebigkeit der Restauration bis zur physiologischen Exfoliation des entsprechenden Zahnes für beide Gruppen.

### **7.3.3.2 Diskussion des betroffenen Milchmolaren**

Die Lokalisation der Füllungsrestauration im ersten oder zweiten Milchmolaren hat in der vorliegenden Arbeit keinen signifikanten Einfluss auf die intraorale Verweildauer der Restauration. Im Median betrug die Verweildauer der Füllungsrestaurationen an ersten Milchmolaren 27 Monate, an zweiten Milchmolaren 30 Monate. Für maximale Verweildauern wurden an ersten Milchmolaren 70 Monate und an zweiten 96 Monate dokumentiert (vgl. 6.2).

Dieses Ergebnis deckt sich mit früheren Arbeiten, die ebenfalls keinen Zusammenhang der Überlebensrate von Restaurationen (Amalgam-Füllungen) mit dem Zahntypus feststellen konnten [22,226,270]. Dawson et al. [61] haben dagegen einen Unterschied in der Langlebigkeit von Amalgam-Füllungen an ersten oder zweiten Milchmolaren feststellen können. Sie erhielten in ihrer Studie für Restaurationen an ersten Milchmolaren kürzere mittlere Überlebensraten als an zweiten Milchmolaren. Dieses Resultat steht in Einklang mit weiteren Arbeiten, in denen Amalgam-Füllungen an ersten Milchmolaren kürzere Überlebensraten aufwiesen als solche an zweiten Milchmolaren [68,151].

Diese Ergebnisse können in Zusammenhang mit der Anatomie erster Milchmolaren gebracht werden (vgl. 3.1.2.5). Die Pulpenhörner, besonders die mesialen, liegen der Zahnoberfläche nahe [160,191,231,250], sodass die Gewährleistung einer adäquaten Retention für Amalgam-Füllungen erschwert ist [191].

Eine aktuelle Arbeit aus 2015 untermauert den Zusammenhang von Lokalisation der Restauration an ersten Milchmolaren und Langlebigkeit: Ghaderi und Mardani [103] untersuchten Amalgam- und Kompomer-Klasse-II-Füllungen an ersten Milchmolaren und konnten nach 24 Monaten eine höhere Erfolgsrate (85,7 %) für die Kompomer-Restaurationen feststellen (Amalgam-Restaurationen 67,9 %).

### 7.3.3.3 Diskussion der Kavitäten-Klasse

Das klinische Verhalten von Kompomer-Restaurationen, darunter Dyract AP (Dentsply), in Klasse-II-Kavitäten von Milchmolaren wurde bereits in zahlreichen Studien untersucht [4,60,67,68,84,110,175,220,229,242,259,265]. In den letzten Jahren wurden Langzeitstudien mit guten bis sehr guten Überlebensraten von Kompomer-Füllungen publiziert. Dabei lagen die klinischen Zwei-Jahres-Erfolgsraten zwischen 55 und 96 % [67,68,110,204].

Die intraorale Verweildauer von Klasse-I-Füllungen in der eigenen Arbeit ist signifikant höher ( $p < 0,05$ ) als die der Klasse-II-Füllungen (vgl. 6.6.4). Bei 31 der insgesamt 145 Füllungen war Sekundärkaries (21,4 %) der Grund für eine notwendige Erneuerung der Restauration. Unter den 31 betroffenen Restaurationen in der vorliegenden Studie waren 24 Klasse-II- und 7 Klasse-I-Füllungen.

Ein sehr häufiger Grund für das klinische Versagen von Klasse-II-Restaurationen ist die Entwicklung einer Sekundärkaries am Boden des approximalen Kastens [182]. Ein Füllungsverlust (4,1 %) wurde in der eigenen Arbeit ausschließlich bei Klasse-II-Restaurationen ( $n = 6$ ) registriert (vgl. 6.3). Diese Resultate lassen sich ähnlich in der Literatur finden. Daou und Mitarbeiter [60] bestätigten in ihrer Studie ein besseres Zwei-Jahres-Abschneiden von Klasse-I-Füllungen gegenüber Klasse-II-Füllungen. Sie untersuchten 149 Klasse-I- und Klasse-II-Kavitäten bei 45 Patienten mit hohem Kariesrisiko und schlussfolgerten, dass Dyract AP ein geeignetes Restaurationsmaterial ist, selbst bei einer Population mit hoher Kariesaktivität, sowohl für Klasse-I- als auch für Klasse-II-Kavitäten.

Ein ähnliches Resultat lieferten Ersin et al. [82] bezüglich Komposit-Restaurationen. Die Autoren fanden einen statistisch signifikanten Unterschied in der Überlebensrate zwischen Klasse-I- und Klasse-II-Komposit-Füllungen. Nach 24 Monaten überlebten 91 % der Klasse-I-Komposit-Restaurationen und nur 82 % der Klasse-II-Komposit-Restaurationen. Duggal et al. [68] verglichen das klinische Zwei-Jahres-Verhalten von Dyract und Amalgam-Restaurationen in Klasse-II-Kavitäten an Milchmolaren. Sie erzielten eine sehr gute Erfolgsrate (96,6 %) für die mit Dyract versorgten Zähne. Begründet werden kann das sehr gute Abschneiden [68] mit der sorgfältigen Selektion der in die Studie eingeschlossenen Zähne. Mittels Bissflügelaufnahmen wurden nur minimale proximale kariöse Läsionen ausgewählt.

Ertugrul et al. [84] untersuchten das klinische Ein-Jahres-Abschneiden zweier Kompomere (Compoglass F, Twinky Star) als Füllungsmaterialien für Klasse-II-Milchmolaren-Kavitäten. Die mit Twinky Star restaurierten Milchmolaren erzielten eine Erfolgsrate von 93 %. Sie stellten in ihrer prospektiven Split-mouth-Studie keine signifikante Korrelation zwischen der betroffenen Klasse-II-Kavitäten-Seite (mesio-okklusal, okklusal-distal) und dem klinischen Langzeitverhalten des Restaurationsmaterials fest.

Das gute Abschneiden der Twinky-Star-Restaurationen [84] steht in Einklang mit den Ergebnissen der ein Jahr zuvor veröffentlichten Studie von Akbay et al. [4]. Sie kamen auf eine Ein-Jahres-Erfolgsrate von 96,1 % für mit Twinky Star versorgte Klasse-II-Kavitäten. Bei den guten Resultaten zu beachten ist die relativ kurze Studiendauer von nur jeweils einem Jahr. Zudem schlossen die Autoren Zähne mit subgingival gelegener Karies und pulpischen Symptomen aus ihren Studien aus [4,84].

Toh und Messer [256] verlangen eine mindestens fünfjährige Studiendauer für prospektive randomisierte klinische Studien, um den klinischen Erfolg von Klasse-II-Restaurationen in Milchmolaren korrekt ermitteln zu können. Da die eigene Arbeit retrospektiv durchgeführt wurde, ist dieser hohe Anspruch vernachlässigbar. Mit der eigenen Arbeit vergleichbare retrospektive Studien [61,203] wiesen Studiendauern von 2 Jahren auf. Eine sich an diese Arbeit anschließende prospektive Folgestudie sollte entsprechend langjährige Kontrollintervalle in der Planung berücksichtigen.

In der Literatur existiert eine Bandbreite an Studiendauern. Die aufgeführten Studien zur Langlebigkeit von Füllungsrestaurationen lieferten Untersuchungszeiträume von 1 [58] bis 8 Jahre [222], den Großteil davon bilden Studien mit zwei- bis dreijähriger Untersuchungszeit [22,59,68,79,98,116,148,174,199]. Die Studiendauer von Arbeiten, die konfektionierte Kronen und Füllungsrestaurationen miteinander verglichen haben, reichte von 2 [13,61,203] bis 10 [226] Jahre.

Eine aktuelle Studie von Sengul und Gurbuz [242] widerspricht oben genannten sehr guten Ergebnissen für Klasse-II-Restaurationen. In ihrer Arbeit kommen die Autoren mit 66,7 % zu einem nur moderaten Abschneiden der Kompomer-Klasse-II-Restaurationen (Dyract AP) nach 24 Monaten. Gründe für die Versagensquote von 33,3 % sind in dem gewählten Patientengut mit hohem Kariesrisiko sowie in der nicht festgelegten Kavitätengröße der behandelten Milchmolaren zu suchen.

#### 7.3.3.4 Diskussion des Kompomer-Materials

Von den 145 in der vorliegenden Arbeit untersuchten Füllungen waren 109 (75,2 %) mit Dyract AP und 36 (24,8 %) mit Twinky Star aufgebaute Füllungsrestaurationen. 34 (31,2 %) der mit Dyract AP gefüllten Füllungen waren Klasse-I- und 75 (68,8 %) Klasse-II-Restaurationen. Unter den Twinky Star Füllungen befanden sich 22 (61,1 %) Klasse-I- und 14 (38,9 %) Klasse-II-Restaurationen (vgl. 6.6.5).

Bei der Wahl des Füllungsmaterials gab es keine speziellen Indikationen, es lag in der Entscheidung des Behandlers, welches Material (Dyract AP oder Twinky Star) bei welchem Patienten zum Einsatz kam. Bei unkooperativen Patienten kam es vor, dass Twinky Star den Vorzug erhielt, um die Compliance durch die Auswahl der Füllungsfarbe zu erhöhen. Ähnliche Überlegungen zur Steigerung der Mitarbeit des Patienten lassen sich auch in der Literatur finden [4,57].

Die Median-Werte für die Verweildauer der Füllungen beider Restaurationsmaterialien ergaben 21 Monate für Dyract AP und 45 Monate für Twinky Star. Das Maximum an Verweildauer für Dyract AP betrug 83 Monate, für Twinky Star 96 Monate (vgl. 6.6.5). Die Hypothese, dass die Verwendung von Dyract AP oder Twinky Star keinen Einfluss auf die Langlebigkeit hat, kann somit nicht bestätigt werden.

Allerdings muss hierbei beachtet werden, dass die Zahl der untersuchten Dyract AP-Füllungen (75,2 %) insgesamt höher war als der der Twinky Star-Füllungen (24,8 %) und zudem der Anteil an Klasse-II-Füllungen innerhalb der Dyract AP-Gruppe mit 86,8 % deutlich über dem der Twinky Star-Gruppe mit nur 38,9 % Klasse-II-Füllungen lag. Durch diese prozentualen Unterschiede ist erklärbar, weshalb die mit Dyract AP hergestellten Füllungen insgesamt schlechter abschneiden.

Klasse-II-Füllungen weisen im Vergleich zu Klasse-I-Füllungen in der Regel geringere intraorale Verweildauern auf [59,67,82]. Diese Feststellung konnte in prospektiven randomisierten Studien geprüft werden: In einem Split-mouth-Design wurde jeweils das klinische Verhalten eines Amalgams und eines Kompomers [59] sowie die Langlebigkeit eines Glasionomerzements und eines Komposits [82] in Klasse-I- und Klasse-II-Kavitäten getestet. Um einen möglichst gerechten Vergleich zwischen konfektionierten Kronen und Kompomer-Füllungen herstellen zu können, sollten in einer geplanten Fol-

gestudie ausschließlich Klasse-II-Füllungen mit konfektionierten Kronen verglichen werden und Klasse-I-Füllungen ausgeschlossen werden.

#### **7.3.3.5 Diskussion der Mundhygiene**

Für die Auswertung des API ( $p = 0,676$ ) und des SBI ( $p = 0,806$ ) als potenzielle Einflussgrößen auf die intraorale Verweildauer der Restaurationen konnten jeweils keine signifikanten Ergebnisse ermittelt werden (vgl. 6.6.2, Abb. 6 und 7).

Es wurden alle vorhandenen Zähne der Patienten (Milch- und bleibende Zähne) befundet. Die zuvor aufgestellte Hypothese, dass die Mundhygiene eines Patienten Einfluss auf die Langlebigkeit einer Restauration hat, kann somit durch die vorliegenden Pilot-Ergebnisse nicht bestätigt werden. Bei größerem Patientengut ist ein signifikantes Ergebnis hinsichtlich dieses Zusammenhangs jedoch zu erwarten. Bei einer sich an diese Pilotstudie anschließenden Folgestudie sollte durch eine vorab durchgeführte Fallzahlschätzung eine repräsentative Patientenzahl ermittelt werden.

Um die Mundhygiene-Situation der einzelnen Patienten einschätzen zu können, wurden in der vorliegenden Studie der Approximalraum-Plaque-Index [246] und der Sulkus-Blutungs-Index [186] verwendet.

Im Rahmen wissenschaftlicher Studien eignet sich der API für die Bewertung des Plaquebefalls im gingivalen Randbereich. Weniger eignet er sich für die Motivation und Instruktion der Patienten, da kein Anfärben der Beläge erfolgt [167].

Es hätten auch andere Mundhygiene-Indizes für die Auswertung zum Einsatz kommen können. Gegen den Approximalraum-Plaque-Index nach Lange et al. [167] sprach das dafür nötige Anfärben. Darauf wurde im Zuge dieser Studie zugunsten einer Zeitersparnis bei der Nachuntersuchung verzichtet. Zudem ging es primär nicht um die Patientenmotivation durch optische Darstellung der Plaque, sondern um die Erfassung der Mundhygiene der Patienten. Im Gegensatz zum Gingiva-Blutungs-Index [3], der nur eine Ja-Nein-Entscheidung erfordert, differenziert der SBI den gingivalen Entzündungsgrad in vier Grade. Diese Quantifizierung ist vorteilhaft, da eine genauere Einschätzung des Gingiva-Zustands gewährleistet wird.

In anderen vergleichbaren Studien [235,243] wurde der vereinfachte „Oral Hygiene Index“ nach Greene und Vermillion [109] verwendet, um die Mundhygiene der Patienten

zu erfassen. Bei diesem Index werden sechs Zähne (55, 51, 65, 85, 71 und 75) untersucht und anhand des Plaquefilms auf der Bukkalfläche bewertet. Dadurch, dass nur sechs Referenz-Zähne untersucht werden müssen, ergibt sich eine deutliche Zeiterparnis. Nachteilig ist die Selektion der Referenz-Zähne, sodass der Endwert zweifellos ungenauer ist als beispielsweise bei der Erfassung des API [246], der durch das Einbeziehen aller Zähne eine sichere Einschätzung des Mundhygieneniveaus gewährleistet.

Aus den ermittelten SBI-Werten lassen sich Rückschlüsse auf den gingivalen Entzündungsgrad ziehen. Ein Gingivitis-Index spiegelt grundsätzlich die Qualität der Mundhygiene reeller wider als ein Plaque-Index. Bei unzureichender Mundhygiene kann der SBI stark erhöht sein [171,243]. Die vier Kronen, die in der vorliegenden Studie eine Blutung nach Sondierung aufwiesen (vgl. 6.6.2), waren klinisch suffizient. Selbst bei einem Patienten mit einem ermittelten SBI von 100 % wies die Krone keine Mängel auf und war hinsichtlich der eruierten Qualitätskriterien funktionell einwandfrei. Eine tadellose Funktionalität der Krone konnte auch bei einem weiteren Patienten mit erhöhtem Sulkus-Blutungs-Index (SBI: 65 %) festgestellt werden.

Die Resultate der vorliegenden Arbeit bestätigen, dass eine inadäquate Mundhygiene größeren Einfluss auf das Vorhandensein einer Gingivitis hat als auf die Qualität bzw. Langlebigkeit einer konfektionierten Krone.

Somit kann die Hypothese des Einflusses der Mundhygiene auf die Langlebigkeit einer Restauration innerhalb der eigenen Arbeit nicht nachgewiesen werden. Sharaf und Farsi [243] kamen zu dem Ergebnis, der Faktor Mundhygiene beeinflusse den Zustand der Gingiva. In ihrer Studie zeigten Kinder mit schlechter Mundhygiene mehr Gingivitis, während Kinder mit guter Mundhygiene gesundes Zahnfleisch um die Kronen aufwiesen. Ihre untersuchte Studien-Kohorte wies durchschnittliche Mundhygieneindizes auf. Die Autoren schlussfolgerten, dass der Mundhygienestatus den Hauptrisikofaktor für die die Krone umgebende Gingiva darstelle. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit weiteren publizierten Studien [47,69,188,235].

Schüler et al. [235] schlussfolgern in ihrer Studie, dass eine Stahlkrone – selbst bei nicht vollkommen intaktem Rand – den gesamten Zahn vor dem Auftreten einer erneuten kariösen Läsion schützt. Dieses Resultat deckt sich mit einer der in dieser Arbeit aufgestellten Sekundärhypothesen: Eine konfektionierte Stahlkrone schützt den Zahn

vor erneuter Karies bis zu seiner physiologischen Exfoliation [48,152,224,235,238]. Da die Zähne in der vorliegenden Studie nicht bis zu ihrer Exfoliation kontrolliert wurden, kann diese Aussage nicht bewiesen werden.

### 7.3.4 Diskussion der USPHS-Werte

Die Bewertung von Restaurationen ist größtenteils subjektiv und schwierig zu quantifizieren. Eine Einteilung in Bewertungskategorien birgt stets die Gefahr einer zu groben Kategorisierung, eine detailliertere wiederum kann schnell zu umfangreich werden.

Durch die Verwendung modifizierter USPHS-Kriterien [121] versuchte, dieses Problem zu minimieren. Die angewandten USPHS-Kriterien besitzen jedoch nur eine begrenzte Aussagefähigkeit, da in allen Fällen die Nachkontrolle nicht durch denselben Behandler durchgeführt wurde wie die Füllungs- oder Kronentherapie. Demnach kann keine verlässliche Aussage getroffen werden, ob beispielsweise ein überstehender Füllungsrand oder ein Unterschuss nicht schon zu Beginn bei der jeweiligen Restauration vorlag oder erst im Laufe der Zeit entstanden ist.

Die klinische Beurteilung von Restaurationen muss verschiedene Aspekte (u. a. Material, Technik) berücksichtigen, die der Untersucher (auf der Basis klinischer Erfahrung) zusammenfassend als klinisch suffizient oder insuffizient bewerten muss.

Äußere Einflüsse, wie Habits der Studienpatienten (z. B. Bruxismus), können die Restauration beeinflussen. Zudem kann die Beurteilung von Restaurationen in einer ausgewählten Studienpopulation (Patienten der Zahnklinik) anders sein als bei einem beliebigen Patientenpool und auf diese Weise zu keinen allgemeingültigen Aussagen führen. In der vorliegenden Arbeit konnten diesbezüglich keine Hinweise festgestellt werden.

Die USPHS-Kriterien sind in der Wissenschaft ein gebräuchliches Auswertungsverfahren und bisher in vielen Studien, in denen verschiedene Restaurationsmaterialien klinisch miteinander verglichen wurden, zum Einsatz gekommen [9,13,20,58-60,68,82,84,103,129,175,178,199,202,204,226,229].

Auf eine Unterteilung der Ryge-Kriterien in „Alpha“, „Bravo“ und „Charlie“ wurde in dieser Arbeit verzichtet und stattdessen in *A = klinisch suffizient* und *C = klinisch insuffi-*

zient differenziert, da die Beurteilung als „Bravo“ keine zwingende Konsequenz für die weitere Therapie hat (vgl. 5.3.5, 5.3.6).

Alle als A bewerteten Restaurationen waren vollständig intakt oder noch klinisch akzeptabel, alle Restaurationen mit der Beurteilung C mussten invasiv nachbehandelt werden und hatten somit eine direkte Konsequenz für Patient und Behandler.

Innerhalb der Füllungsgruppe (n = 145) konnte bei 123 untersuchten Füllungen kein Randspalt nachgewiesen werden, dies entspricht einem Prozentsatz von 84,8 %. Hingegen war in 15,2 %, nämlich bei 22 Füllungen, ein Randspalt tastbar. 136 (93,8 %) der untersuchten Füllungen zeigten eine tadellose Integrität, bei 9 Füllungen (6,2 %) konnten Risse oder Frakturen verzeichnet werden (vgl. 6.4.3).

Die in dieser Arbeit erzielten Resultate der modifizierten USPHS-Kriterien für die Kompomer-Restaurationen spiegeln Ergebnisse früherer Studien wider, in denen ebenfalls die von Ryge entwickelten Bewertungskriterien angewandt wurden [58-60,68, 148,174,175].

In all diesen Untersuchungen schnitten die Kriterien der marginalen Adaptation (Randspalt) und der Oberflächenbeschaffenheit (Integrität) für Kompomer-Restaurationen mit guten bis sehr guten Werten ab, sodass die Autoren daraus schlossen, dass Kompomere sowohl für Klasse-I- als auch für Klasse-II-Restaurationen in Milchmolaren als Füllungswerkstoff geeignet sind [58-60,68,148,174,175].

Aufgrund des signifikant schlechteren Abschneidens der Klasse-II-Restaurationen (vgl. 6.6.4, Abb. 9) in der eigenen Arbeit sollte man die Indikation für Klasse-II-Füllungen eng fassen, um klinischen Erfolg zu gewährleisten.

Bei der Untersuchung der Kronen (vgl. 6.5.2) wiesen 31 von 31 Kronen (100 %) keine Fistel auf. 30 der 31 evaluierten Kronen zeigten suffiziente Ränder und intakte Okklusalfächen (96,8 %). Lediglich bei 4 der 31 Kronen trat eine Blutung nach Sondierung auf (12,9 %). Diese Werte stehen in Einklang mit der Studie von Atieh [13]; dieser kam auf eine 95%ige Zwei-Jahres-Überlebensrate von Stahlkronen. Die 5 % Misserfolgsquote lag überwiegend in einer gingivalen Blutung begründet.

Untermuert werden die in der vorliegenden Arbeit eruierten Werte für die zwei untersuchten Restaurationsarten durch die Übersichtsarbeit von Hickel et al. [119]. Sekun-

därkaries, marginale Mängel, Brüche und Abnutzung wurden als Hauptursachen für das klinische Versagen benannt. Insgesamt ergaben sich folgende Misserfolgsquoten: 0-14 % für konfektionierte Kronen sowie 0-11 % für Kompomer-Restaurationen.

In der eigenen Arbeit betrug die Misserfolgsrate der konfektionierten Kronen 6,5 %, die der Kompomer-Füllungen 25,5 %. Hauptursachen für das Versagen bei den Füllungen waren Sekundärkaries (21,4 %) und Füllungsbruch bzw. -verlust (4,1 %), bei den Kronen führte eine perforierte Okklusalfäche sowie ein insuffizienter Kronenrand zum Misserfolg.

Die schlechtere Misserfolgsquote der Kompomer-Füllungen in der vorliegenden Studie kann mit dem hohen Anteil an Klasse-II-Restaurationen erklärt werden (vgl. 7.3.3.3).

### **7.3.5 Diskussion der ICDAS-Werte**

Um eine klinische Bewertung der Füllungsrestaurationen zu erlauben, wurde der ICDAS-Code für die füllungstragenden Milchmolaren jedes Patienten erhoben. Auf diese Weise konnte ermittelt werden, ob eine eventuell entstehende kariöse Läsion in direktem Zusammenhang mit der Restauration stand oder aber unabhängig von ihr an einer anderen Stelle des Zahnes existierte.

Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob es eine Übereinstimmung zwischen erhobenen ICDAS-Codes und aufgenommenen DIAGNOcam-Bildern der jeweiligen Milchmolaren gab. Zu dieser Fragestellung existieren in der Literatur bisher noch keine veröffentlichten Studien.

In bisherigen Studien wurde die Korrelation der ICDAS-Kariescodes mit Bissflügelaufnahmen [35,65,143], Laserfluoreszenz (DIAGNOdent pen, KaVo, Biberach, Deutschland) [35] und einer Laserfluoreszenzkamera (VistaProof und VistaCam iX, Dürer Dental, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) [143] verglichen. Die Autoren kamen zu moderaten bis hohen Korrelationen. Zu beachten ist, dass die genannten Arbeiten in vitro durchgeführt wurden und sich somit nicht alle Ergebnisse auf eine In-vivo-Situation übertragen lassen.

Qvist et al. [220] attestierten der Kariesaktivität angrenzender Zahnflächen keinen Einfluss auf die Langlebigkeit der Restauration, dem verwendeten Restaurationsmaterial sowie der Konditionierung der Kavität jedoch schon. Wong und Day [270] fanden, dass

Patienten mit einem hohen Kariesrisiko eine größere Wahrscheinlichkeit einer misslungenen Restauration haben.

Die Kariesanfälligkeit des Patienten stellt demnach einen prädiktiven Faktor für die Langlebigkeit einer Restauration dar.

Bei der statistischen Auswertung der Daten innerhalb der vorliegenden Pilotstudie konnte keine signifikante Korrelation der ICDAS-Werte mit der intraoralen Verweildauer der Füllungsrestaurationen ermittelt werden (vgl. 6.4.2, Abb. 4). Vermutet wurde, dass sich mit steigender Tragedauer der Restauration die ICDAS-Bewertung verschlechtert. In einer sich anschließenden Folgestudie sollten sowohl die Patientenzahl groß genug als auch die Intervalle der Verlaufskontrollen lang genug gewählt werden, um bezüglich dieser Fragestellung repräsentative Ergebnisse zu erhalten.

Bei der Auswertung der erhobenen ICDAS-Werte gilt es zu berücksichtigen, dass ausschließlich Patienten in die Studie einbezogen wurden, die zum Zeitpunkt der klinischen Nachuntersuchung durchbehandelt waren, das heißt es lagen keine aktiven intraoralen Läsionen vor. Die klinische Bewertung mittels ICDAS bezog sich daher ausschließlich auf die Füllung und die sie direkt umgebende Zahnhartsubstanz.

Das geringe Kariesaufkommen der untersuchten Patienten war kein Einschlusskriterium vorliegender Arbeit und kann im Nachhinein als Defizit angesehen werden. Für die Auswertung bereichernder wäre ein Patientengut mit hohem Kariesaufkommen gewesen. Dieses gilt es bei einer geplanten Folgestudie zu berücksichtigen.

Der diagnostische Nutzen der ICDAS-Codierung liegt zum einen in der Erfassung von Initialkaries und zum anderen in der detaillierten Wiedergabe des klinischen Zustands der jeweiligen Zahnfläche eines Zahnes [140]. So kann das Vorliegen einer Sekundärkaries von einer Primärkaries anhand der erhobenen Daten unterschieden und evaluiert werden.

Braga et al. [36] untersuchten die Korrelation des ICDAS-Systems mit den WHO-Kriterien [267] in einer epidemiologischen Studie an Milchzähnen. Mit ICDAS-Kariescode 3 als definiertem Schwellenwert lieferte das ICDAS-System mit den WHO-Kriterien vergleichbare Werte. Bei Einschluss initialer und fortgeschrittener nicht-kavierter kariöser Läsionen (ICDAS Kariescode 1, 2) unterschieden sich die Werte je-

doch signifikant. Die meisten Kinder, die laut WHO-Kriterien als kariesfrei bewertet wurden, wiesen nicht-kavitierte Läsionen auf [36]. Für eine sich an diese Arbeit anschließende Studie ist folglich eine detaillierte ICDAS-Untersuchung sinnvoll, um auch initiale nicht-kavitierte Karies zu erfassen.

### **7.3.6 Diskussion der DIAGNOcam-Bilder**

Es existieren augenblicklich nur wenige Studien zum Umgang mit der DIAGNOcam [12,30,166,248].

Studiendaten zum Gebrauch im Milchgebiss wurden bislang in keiner klinischen Untersuchung veröffentlicht. Die DIAGNOcam selbst erwies sich im klinischen Gebrauch als relativ einfach anzuwenden, wenngleich das Vorhandensein einer Assistenz die klinische Diagnostik mit der Kamera wesentlich beschleunigt.

Das gleichzeitige Trockenhalten des zu begutachtenden Zahnes, die Einstellung des richtigen Winkels der Kamera zur Zahnoberfläche sowie die manuelle Auslösung der Speicher-Funktion des entsprechenden Bildes erfordern vom Behandler Geschicklichkeit im Umgang mit dem Gerät.

Da in manchen Fällen mehrere Einstellungen pro füllungstragendem Zahn nötig waren, ergibt sich unter Umständen ein unangemessen hoher Zeitaufwand für die gesamte Diagnostik.

Bei der Nutzung im Milchgebiss kommt erschwerend die unterschiedliche Anatomie der Milchzähne im Vergleich zu den bleibenden Zähnen hinzu. Aufgrund der geringeren Zahngröße und des daraus resultierenden geringeren Abstands der den jeweiligen Milchmolaren umgebenden Gingiva zur Okklusalfäche sowie der häufig steiler verlaufenden Gaumenkurve im Oberkiefer gelang die korrekte Positionierung der Kamera, besonders an ersten Milchmolaren im Oberkiefer, nicht immer zufriedenstellend.

Bisher scheint es nur schwer möglich zu sein, einen idealen Fokus-Objekt-Abstand im Milchgebiss mit der DIAGNOcam einzustellen. Wünschenswert wären hier vom Hersteller speziell gefertigte Okklusaltips für die Nutzung an Milchzähnen.

Gerade in der Kinderzahnmedizin könnte sich die strahlungsfreie Kariesdiagnostik mittels DIFOTI-Technologie etablieren. Die Visualisierung oraler Befunde mittels nicht-invasiver Verfahren wie der DIFOTI-Technologie kann zusätzliche Motivation bei Pati-

enten beziehungsweise besseres Verständnis der Erziehungsberechtigten für präventive zahnmedizinische Maßnahmen schaffen.

Im Milchgebiss treten kariöse Läsionen am häufigsten an Approximallflächen auf [177], dies untermauern unter anderem Zahlen von Qvist et al. mit etwa 80 % Klasse-II-Restaurationen [222]. Das DIAGNOcam-Verfahren hat sich, verglichen mit konventioneller Röntgendiagnostik, als gleichwertig bei der Detektion von approximalen Dentinläsionen an bleibenden Zähnen erwiesen [166,248]. Bei breitflächigen Läsionen entlang der Schmelz-Dentin-Grenze entsprachen die DIAGNOcam-Aufnahmen in 99 % der tatsächlichen Kariesausdehnung, sobald der Schmelz approximal vollständig durch die Demineralisation penetriert wurde, gab es eine 96%ige Korrelation der DIAGNOcam- mit den Bissflügelaufnahmen [166].

Schwächen zeigt die Diagnostik mittels DIFOTI-Technologie (noch) bei der Darstellung sowohl fortgeschrittener als auch früher Dentinläsionen, da sich diese optisch nur sehr schwer von der Struktur gesunden Dentins unterscheiden lassen [248]. Die Resultate dieser Studien [166,248] postulieren die Gleichwertigkeit der DIFOTI-Methode mit traditionellen Röntgenaufnahmen bei der Diagnostik von Läsionen innerhalb des Schmelzes von bleibenden Zähnen.

Innerhalb der vorliegenden Studie wurde die DIFOTI-Methode zur Detektion eventueller Sekundärkaries an füllungstragenden ersten und zweiten Milchmolaren genutzt. Es ist fraglich, inwieweit die Ergebnisse oben genannter Studien auf die Auswertung der DIAGNOcam-Aufnahmen im Zuge der eigenen Arbeit übertragen werden können, da zur Detektion einer Sekundärkaries mittels DIAGNOcam-Technologie und zur Anwendung der DIAGNOcam im Milchgebiss zur Zeit keine veröffentlichten Studien vorliegen. Die Einschätzungen der DIFOTI-Methode zur Nutzung im Milchgebiss basieren folglich nicht auf Studiendaten, sondern auf einem subjektiven Erfahrungsbericht im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie.

Um mögliche Vergleiche oder Unterschiede in der Darstellung beider Dentitionen herstellen zu können, hätte eine zuvor in vitro durchgeführte Studie zur Diagnostik von Zahnmodellen (bleibende Zähne, Milchzähne) mittels konventionellen Röntgenbildern als Goldstandard und DIAGNOcam-Verfahren stattfinden können. Eine solche In-vitro-

Studie ist zwingende Voraussetzung für eine geplante Folgestudie zu dieser Fragestellung.

Sekundärkaries eindeutig zu detektieren ist derzeit noch mit keinem System vollständig möglich [173], denn die entscheidenden Bereiche sind durch die Füllungsrestorationen nicht vollständig einsehbar. Beim Röntgen etwa kann eine approximale und eine am Boden der Kavität gelegene Karies sichtbar gemacht werden, bukkale oder orale Läsionen nicht immer. Karies unterhalb einer Restauration kann weder mittels ICDAS- noch anhand der DIAGNOcam-Methode detektiert werden. Nur in den Fällen, in denen der kariöse Prozess bereits über die Füllungsrän­der hinaus fortgeschritten ist, kann er als solcher dargestellt werden.

Der Versuch, den mit der DIAGNOcam aufgenommenen Befund mit dem der ICDAS-Bewertung zu vergleichen, ergab keine eindeutige Übereinstimmung (vgl. 6.7, Abb. 11). Mittels NIR-Licht-Diagnostik lassen sich Schmelz- und Dentinläsionen optisch voneinander unterscheiden. Es zeigte sich, dass beispielsweise die ICDAS-Kariescodes 3 und 4 auch als solche in der DIAGNOcam-Aufnahme sichtbar sind. Dieses Ergebnis spiegelt die Resultate oben genannter Studien [166,248] wider, die dem DIFOTI-Verfahren bezüglich der Detektion von Schmelzläsionen sowie breitflächigen Läsionen entlang der Schmelz-Dentin-Grenze eine hohe Genauigkeit bescheinigen.

Bei dem Vergleich der ICDAS-Kariescodes 1 und 2 mit der DIAGNOcam-Aufnahme ergab sich hingegen keine Übereinstimmung. Eine optische Unterscheidung in Code 1 oder 2 mit der Kamera scheint nicht möglich, lediglich die Darstellung einer Schmelzkaries (ICDAS-Kariescodes 1 und 2 zusammengefasst).

## 8 Schlussfolgerungen

Die Erkenntnisse dieser Pilotstudie sollen die Basis für eine neue prospektive, randomisierte klinische Studie bilden.

Die Ergebnisse der eigenen Arbeit zur Untersuchung der Langlebigkeiten und Erfolgsraten von konfektionierten Kronen und Kompomer-Füllungen stimmen grundlegend mit den Resultaten anderer Studien überein.

Da es sich bei der eigenen Pilotstudie um eine retrospektive Querschnittsstudie handelt, in der im Vorfeld keine Randomisierung stattfand und die Stichprobengrößen ungleich verteilt waren, müssen Interpretationen der Werte mit Zurückhaltung und rein deskriptiv erfolgen, dies ist aber auch nicht das Ziel einer Pilotstudie.

Um gesichertere Aussagen zu erhalten, wird auf Basis dieser Arbeit eine prospektiv randomisierte Studie mit gleichmäßig verteilten Stichprobengrößen in beiden Gruppen verfolgt werden müssen. Hierbei ist ein gewähltes Split-mouth-Design, in der jeder Patient sowohl eine Füllungs- als auch eine Kronenrestauration am jeweils gleichen Zahn aufweist, anzustreben.

Konfektionierte Kronen sind für die Restauration von kariösen Läsionen an Milchmolaren geeignet und gewährleisteten einen langzeitigen klinischen Erfolg. Sie erzielten gute klinische Effekte, unabhängig vom Patientenalter, der Mundhygiene oder der marginalen Adaptation der Kronen (vgl. 6.5). Bei Kindern mit unzureichender Compliance und der Tendenz, Kontrolltermine nicht wahrzunehmen, sind konfektionierte Kronen vorzuziehen.

Die Entscheidung für eine Kompomer-Füllung anstelle einer konfektionierten Krone hat häufigere zahnärztliche Kontrolluntersuchungen sowie Nachbehandlungen zur Folge. Sekundärkaries war mit 21,4 % (n = 31) der Hauptgrund für eine notwendige Erneuerung der Restauration. Der Verlust der Füllung führte in 4,1 % (n = 6) der Fälle zu einem Versagen (vgl. 6.3). Demzufolge sind Kompomer-Füllungen das geeignete Therapiemittel bei Kindern mit guter Compliance, adäquater Mundhygiene und niedriger Kariesaktivität.

Die Behandlung kariöser Milchmolaren kann durch notwendige Folgebehandlungen langfristige Kosten erzeugen. Wie in klinischen Studien belegt wurde, ist die Therapie

mit konfektionierten Kronen – unabhängig davon, ob konventionell oder nach der Hall-Technik eingesetzt – effizienter als eine konventionelle Therapie [133,232,239] (vgl. 7.3.1). Um die Kostenbelastung und die Anzahl der Nachbehandlungen gering zu halten, sind konfektionierte Kronen das Mittel der Wahl.

Der Versuch, eine Korrelation zwischen dem Patientenalter zum Zeitpunkt der Versorgung (vgl. 6.6.1), der Mundhygiene (vgl. 6.6.2), dem betroffenen Milchmolaren (vgl. 6.6.3) und der Kavitäten-Klasse (vgl. 6.6.4) zur Langlebigkeit der Restaurationen herzustellen, gelang nur für die Kavitäten-Klasse ( $p < 0,05$ ) eindeutig (vgl. 6.6.4, Abb. 9). Für die anderen Faktoren konnten lediglich Tendenzen herausgearbeitet werden, die in einer sich an diese Pilotstudie anschließenden neuen Studie weiterführend untersucht werden müssen.

Aufgrund des signifikant schlechteren Abschneidens der Klasse-II-Restaurationen (vgl. 6.6.4, Abb. 9) in der vorliegenden Studie sollte man konfektionierte Kronen Klasse-II-Füllungen für die Versorgung approximaler kariöser Milchmolaren vorziehen, wenn die Läsionen bereits fortgeschritten und in bucco-oraler Richtung ausladend sind. Hingegen ist der Einsatz konfektionierter Kronen bei minimalen Klasse-II-Kavitäten zu invasiv und alternative Füllungsmaterialien sollten in diesen Fällen verwendet werden.

Beim Vergleich von Dyract AP und Twinky Star kann im Rahmen der eigenen Arbeit keine eindeutige Empfehlung für eines der beiden Materialien ausgesprochen werden. Bei richtig gewählter Indikation (Klasse-I- und kleine Klasse-II-Kavitäten) können beide Komomere klinischen Erfolg gewährleisten und es obliegt dem Behandler, welches Material präferiert wird.

Eine klare Indikation der Kompomer-Füllungen ist bei okklusalen Klasse-I-Kavitäten gegeben, wenn der Zahn an anderen Flächen keine weiteren Entmineralisierungen aufweist, oder seine baldige Exfoliation ( $< 1$  Jahr) bevorsteht.

Der Versuch, die mit der DIAGNOcam aufgenommenen Befunde mit der ICDAS-Bewertung zu vergleichen, ergab keine aussagekräftige Übereinstimmung (vgl. 6.7), sodass die Einschätzungen der vorliegenden Arbeit nur als subjektiver Erfahrungsbericht gewertet werden und Hinweise für weitere Folgestudien geben können. Um diesbezüglich weiterführende Aussagen treffen zu können, sind ein entsprechend großer

Patientenpool sowie spezielle Okklusaltips für die Diagnostik an Milchmolaren unerlässlich.

Bei der Durchführung einer entsprechenden klinischen Studie ist ein prospektiver Ansatz zu favorisieren und es muss vorab festgelegt werden, welche Zahnfläche beurteilt wird (approximal, okklusal). Von allen zu untersuchenden Milchmolaren müssen Bissflügelaufnahmen als Goldstandard angefertigt werden. ICDAS- und DIAGNOcam-Befund sind in einer Sitzung zu erheben sowie klinische Fotos der entsprechenden Zähne anzufertigen. Pro Patient darf nur ein Zahn in die Auswertung einfließen.

Im Vorfeld einer solchen klinischen Arbeit ist eine in vitro durchgeführte Studie unabdingbar, in der die histologische Läsionstiefe extrahierter Milchmolaren als Goldstandard verwendet wird.

Die in Kapitel 4 aufgestellten Arbeitshypothesen geben für die untersuchten Studienteilnehmer folgende Hinweise für eine geplante Folgestudie:

1. Für konfektionierte Stahlkronen wurden längere Verweildauern erfasst als für Kompomer-Füllungen.
2. Eine erneut auftretende Karies kann durch das Überkronen des jeweiligen Milchmolaren verhindert werden.
3. Die Entscheidung für eine Kompomer-Füllung anstelle einer konfektionierten Krone zieht häufigere zahnärztliche Folgebehandlungen nach sich und erzeugt höhere Kosten.
4. Das Alter des Kindes zum Zeitpunkt der Insertion der Restauration ergab eine 12%ige Korrelation bezogen auf die Langlebigkeit.
5. Die Lokalisation der Füllung im ersten oder zweiten Milchmolaren hat keinen Einfluss auf die Langlebigkeit der Restauration.
6. Klasse-II-Füllungen wiesen signifikant kürzere intraorale Verweildauern auf.
7. Mit Twinky Star angefertigte Füllungen wiesen längere intraorale Verweildauern auf als Dyract AP-Füllungen.

8. Der Einfluss der Mundhygiene auf die Langlebigkeit der Restauration konnte nicht nachgewiesen werden.

Eine sich an diese Dissertation anschließende Studie sollte wie folgt geplant werden:

- Prospektiv
- Randomisiert
- Regelmäßige, standardisierte klinische Nachkontrollen (6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60 Monate)
- Statistisch gesicherte Patientenzahl (Fallzahlschätzung)
- Studienteilnehmer mit durchschnittlichen Werten (Kariesaktivität, Mundhygiene)
- Ein Behandler, mehrere kalibrierte Untersucher

## 9 Literaturverzeichnis

1. Agostini FG, Kaaden C, Powers JM (2001) Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. *Pediatr Dent* 23:481-486
2. Ahlers MO (2006) Intraorale Reparatur zahncarbener Restaurationen aus Composite-Füllungswerkstoffen (med. Habilitationsschrift, Universität Hamburg 2004), Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Hannover
3. Ainamo J, Bay I (1975) Problems and proposals for recording gingivitis and plaque. *Int Dent J* 25:229-235
4. Akbay Oba A, Sönmez IS, Sari S (2009) Clinical evaluation of a colored compomer in primary molars. *Med Princ Pract: International Journal of the Kuwait University, Health Science Centre* 18:31-34
5. Al-Shalan TA, Erickson PR, Hardie NA (1997) Primary incisor decay before age 4 as a risk factor for future dental caries. *Pediatr Dent* 19:37-41
6. Al-Zayer MA, Straffon LH, Feigal RJ, Welch KB (2003) Indirect pulp treatment of primary posterior teeth: a retrospective study. *Pediatr Dent* 25:29-36
7. American Academy of Pediatric Dentistry (2012) Clinical Affairs Committee - Restorative Dentistry, Subcommittee. Guideline on pediatric restorative dentistry. *Pediatr Dent* 34:173-180
8. American Academy on Pediatric Dentistry, American Academy of Pediatrics (2008) Policy on early childhood caries (ECC): classifications, consequences, and preventive strategies. *Pediatr Dent* 30:40-43
9. Andersson-Wenckert IE, Folkesson UH, van Dijken JW (1997) Durability of a polyacid-modified composite resin (compomer) in primary molars. A multicenter study. *Acta Odontol Scand* 55:255-260
10. Ardenghi TM, Sheiham A, Marcenes W, Oliveira LB, Bönecker M (2008) Maxillary anterior caries as a predictor of posterior caries in the primary dentition in preschool Brazilian children. *J Dent Child* 75:215-221
11. Asmussen E, Peutzfeldt A (2002) Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer, and from experimental resin composites. *Acta Odontol Scand* 60:93-97
12. Astvaldsdóttir A, Ahlund K, Holbrook WP, De Verdier B, Tranaeus S (2012) Approximal caries detection by DIFOTI: In vitro comparison of diagnostic accuracy/efficacy with film and digital radiography. *Int J Dent* 2012:326-401
13. Atieh M (2008) Stainless steel crown versus modified open-sandwich restorations for primary molars: a 2-year randomized clinical trial. *Int J Paediatr Dent* 18:325-332
14. Attari N, Roberts JF (2006) Restoration of primary teeth with crowns: a systematic review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent* 7:58-62
15. Attin T, Buchalla W, Hellwig E (1996) Influence of enamel conditioning on bond strength of resin-modified glass ionomer restorative materials and polyacid-modified composites. *J Prosthet Dent* 76:29-33
16. Attin T, Kielbassa AM, Plogmann S, Hellwig E (1996) Fluoridfreisetzung aus Kompomeren im sauren und neutralen Milieu. *Dtsch Zahnärztl Z* 51:675-678

17. Attin T, Vataschki M, Hellwig E (1996) Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials. *Quintessence Int* 27:203-209
18. Attin T, Opatowski A, Meyer C, Zingg-Meyer B, Hellwig E (1998) Clinical evaluation of a hybrid composite and a polyacid-modified composite resin in Class-II restorations in deciduous molars. *Clin Oral Investig* 2:115-119
19. Attin T, Opatowski A, Meyer C, Zingg-Meyer B, Hellwig E (1998) A prospective clinical study on the behaviour of a hybrid composite and a polyacid-modified composite resin in class-II restorations in deciduous molars. *Clin Oral Investig* 2:115-119
20. Attin T, Opatowski A, Meyer C, Zingg-Meyer B, Buchalla W, Monting JS (2001) Three-year follow up assessment of class II restorations in primary molars with a polyacid-modified composite resin and a hybrid composite. *Am J Dent* 14:148-152
21. Baghdadi ZD (2003) Bond strengths of Dyract AP compomer material to dentin of permanent and primary molars: phosphoric acid versus non-rinse conditioner. *J Dent Child* 70:145-152
22. Barr-Agholme M, Odén A, Dahllöf G, Modeér T (1991) A two-year clinical study of light-cured composite and amalgam restorations in primary molars. *Dent Mater* 7:230-233
23. Beldüz Kara N, Yilmaz Y (2014) Assessment of oral hygiene and periodontal health around posterior primary molars after their restoration with various crown types. *Int J Paediatr Dent* 24:303-313
24. Berkowitz RJ (2003) Causes, treatment and prevention of early childhood caries: a microbiologic perspective. *J Can Dent Assoc* 69:304-307
25. Bier-Katz G (1979) Vorgefertigte «Kinderkronen»: Probleme, Indikationen, Vorteile und Erfahrungen. *Quintessenz* 30:33
26. Bimstein E, Delaney JE, Sweeney EA (1988) Radiographic assessment of the alveolar bone in children and adolescents. *Pediatr Dent* 10:199-204
27. Bimstein E (1992) Frequency of alveolar bone loss adjacent to proximal caries in the primary molars and healing due to restoration of the teeth. *Pediatr Dent* 14:30-33
28. Bimstein E, Garcia-Godoy F (1994) The significance of age, proximal caries, gingival inflammation, probing depths and the loss of lamina dura in the diagnosis of alveolar bone loss in the primary molars. *ASDC J Dent Child* 61:125-128
29. Bimstein E, Zaidenberg R, Soskolne AW (1996) Alveolar bone loss and restorative dentistry in the primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 21:51-54
30. Bin-Shuwaish M, Yaman P, Dennison J, Neiva G (2008) The correlation of DIFOTI to clinical and radiographic images in Class II carious lesions. *J Am Dent Assoc* 139:1374-1381
31. Bohari MR, Chunawalla YK, Ahmed BM (2012) Clinical evaluation of caries removal in primary teeth using conventional, chemomechanical and laser technique: an in vivo study. *J Contemp Dent Pract* 13:40-47

32. Borutta A, Kneist S (2007) Mundgesundheit von Vorschulkindern. *ZWP* 5:54-58
33. Borutta A, Wagner M, Kneist S (2010) Bedingungsgefüge der frühkindlichen Karies. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde* 32:58-63
34. Braff MH (1975) A comparison between stainless steel crowns and multisurface amalgams in primary molars. *ASDC J Dent Child* 42:474-478
35. Braga MM, Morais CC, Nakama RC, Leamari VM, Siqueira WL, Mendes FM (2009) In vitro performance of methods of approximal caries detection in primary molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 108:35-41
36. Braga MM, Oliveira LB, Bonini GA, Bönecker M, Mendes FM (2009) Feasibility of the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS-II) in epidemiological surveys and comparability with standard World Health Organization criteria. *Caries Res* 43:245-249
37. Bratthall D, Hansel-Petersson G, Sundberg H (1996) Reasons for the caries decline: what do the experts believe? *Eur J Oral Sci* 104:416-422
38. Buchalla W, Attin T, Hellwig E (1996) Influence of dentin conditioning on bond strength of light-cured ionomer restorative materials and polyacid-modified composite resins. *J Clin Dent* 7:81-84
39. Buchalla W, Attin T, Hellwig E (1997) Einfluß der Schmelzätztechnik auf die Haftung von Kompomer-Füllungsmaterialien. *Dtsch Zahnärztl Z* 52:463-466
40. Buonocore MG (1955) A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34:849-853
41. Burke FJ, Wilson NH, Cheung SW, Mjör IA (2001) Influence of patient factors on age of restorations at failure and reasons for their placement and replacement. *J Dent* 29:317-324
42. Burke FJ, Fleming GJ, Owen FJ, Watson DJ (2002) Materials for restoration of primary teeth: 2. Glass ionomer derivatives and compomers. *Dent Update* 29:10-14,16-17
43. Bürkle V, Kühnisch J, Gülmann M, Hickel R (2005) Restoration materials for primary molars – results from a European survey. *J Dent* 33:275-281
44. Bürkle V (2008) Ist eine Milchzahnbehandlung sinnvoll? *ZWP* 3:48-52
45. Burt BA, Eklund A (2005) *Dentistry, dental practice and the community*. 6th ed. St. Louis, Mo: Elsevier Saunders
46. Carvalho TS, Sampaio FC, Diniz A, Bönecker M, Van Amerongen WE (2010) Two years survival rate of Class II ART restorations in primary molars using two ways to avoid saliva contamination. *Int J Paediatr Dent* 20:419-425
47. Checchio LM, Gaskill WF, Carrel R (1983) The relationship between periodontal disease and stainless steel crowns. *ASDC J Dent Child* 50:205-209
48. Christensen GJ (2001) Restorative dentistry for pediatric teeth. State of the art 2001. *J Am Dent Assoc* 132:379-381
49. Çolak H, Dülgergil CT, Dalli M, Hamidi MM (2013) Early childhood caries update: A review of causes, diagnoses, and treatments. *J Nat Sci Bio Med* 4:29-38
50. ICDAS Coordinating Committee (2009) *Criteria Manual – International Caries Detection and Assessment System (ICDAS II)*. Bogota, Colombia and Budapest

51. ICDAS Coordinating Committee (2005) Rationale and Evidence for the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS II). Baltimore
52. Congiu G, Campus G, Luglie PF (2014) Early Childhood Caries (ECC) Prevalence and Background Factors: A Review. *Oral Health Prev Dent* 12:71-76
53. Cortes O, Garcia-Godoy F, Boj JR (1993) Bond strength of resin-reinforced glass ionomer cements after enamel etching. *Am J Dent* 6: 299-301
54. Croll TP, McKay MS, Castaldi CR (1981) Impaction of permanent posterior teeth by overextended stainless steel crown margins. *J Pedod* 5:240-244
55. Croll TP, Phillips RW (1986) Glass ionomer-silver cermet restorations for primary teeth. *Quintessence Int* 17:607-615
56. Croll TP (1995) Restorative dentistry for preschool children. *Dent Clin North Am* 39:737-770
57. Croll TP (2002) MagicFil: a colorful kiddie compomer. *Compend Contin Educ Dent* 23:1044-1046,1048
58. Daou MH, Tavernier B, Meyer JM (2008) Clinical evaluation of four different dental restorative materials: one-year results. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 118:290-295
59. Daou MH, Attin T, Göhring TN (2009) Clinical success of compomer and amalgam restorations in primary molars. Follow up in 36 months. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 119:1082-1088
60. Daou MH, Tavernier B, Meyer JM (2009) Two-year clinical evaluation of three restorative materials in primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 34:53-58
61. Dawson LR, Simon IF, Taylor PP (1981) Use of amalgam and stainless steel restorations in primary molars. *J Dent Child* 48:420-422
62. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B (2005) A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 84:118-132
63. Dentsply De Trey (2001) Dyract AP Gebrauchsanweisung. URL: <http://www.dentsply.eu/bausteine.net/f/6893/DyractAP.pdf?fd=2>, 20.03.2001 (abgerufen: 14.09.2012)
64. Diniz MB, Rodrigues JA, Hug I, Cordeiro RC, Lussi A (2009) Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for occlusal caries detection. *Community Dent Oral Epidemiol* 37:399-404
65. Diniz MB, Lima LM, Eckert G, Zandona AG, Cordeiro RC, Pinto LS (2011) In vitro evaluation of ICDAS and radiographic examination of occlusal surfaces and their association with treatment decisions. *Oper Dent* 36:133-142
66. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Papadogiannis Y, Konstantinidis A (1998) Artificial secondary caries around two new F-containing restoratives. *Oper Dent* 23:81-86
67. Dos Santos MP, Passos M, Luiz RR, Maia LC (2009) A randomized trial of resin-based restorations in class I and class II beveled preparations in primary molars: 24-month results. *J Am Dent Assoc* 140:156-166

68. Duggal MS, Toumba KJ, Sharma NK (2002) Clinical performance of a compomer and amalgam for the interproximal restoration of primary molars: a 24-month evaluation. *Br Dent J* 193:339-342
69. Durr DP, Ashrafi MH, Duncan WK (1982) A study of plaque accumulation and gingival health surrounding stainless steel crowns. *ASDC J Dent Child* 49:343-346
70. Ehlers V, Ernst CP, Willershausen-Zönnchen B (2013) Die Bulk-Fill-Milchzahnfüllung – ein Fallbericht. URL: <http://www.zmk-aktuell.de/dentalforum/zahnerhaltung/story/die-bulk-fill-milchzahnuellung-ein-fallbericht.html>, (abgerufen: 07.01.2013)
71. Einwag J (1983) Die Auswirkungen konfektionierter Kronen auf die Gesundheit des Parodontiums im Milch- und Wechselgebiss. *Dtsch Zahnärztl Z* 38:67
72. Einwag J, Dünninger P (1995) Stahlkrone vs. mehrflächige Amalgamfüllung – ein klinischer Langzeitvergleich über 8 Jahre. *Dtsch Zahnärztl Z* 50:504
73. El-Housseiny AA, Farsi N (2002) Sealing ability of a single bond adhesive in primary teeth. An in vivo study. *Int J Paediatr Dent* 12:265-270
74. Elderton RJ (1984) New approaches to cavity design with special reference to the class II lesion. *Br Dent J* 157:421-427
75. Elderton RJ (1992) Iatrogenesis in the treatment of dental caries. *Proc Finn Dent Soc* 88:25-32
76. Elderton RJ, Aboush Y, Vowles RW, Bell CJ, Marshall KJ (1996) Retention of cervical Dyract compomer restorations after two years. *J Dent Res* 75:24
77. Elfrink ME, Schuller AA, Weerheijm KL, Veerkamp JS (2008) Hypomineralized second primary molars: prevalence data in Dutch 5-year-olds. *Caries Res* 42:282-285
78. Emde F (2013) Kariesdiagnose mit der DIAGNOcam: Historie, Entwicklung, Praxis. *ZMK* 29:132-136
79. Engelsmann U, Kocher TH, Albers KH (1988) Vergleichende Langzeituntersuchung über die Füllungsmaterialien Ketac Fil und Amalgam an Milchzähnen. *Dtsch Zahnärztl Z* 43:291-294
80. Eriksson AL, Paunio P, Isotupa K (1988) Restoration of deciduous molars with ion-crowns: retention and subsequent treatment. *Proc Finn Dent Soc* 84:95-99
81. Ernst CP (2001) Was Sie schon immer über Dentinadhäsive wissen wollten. *ZMK* 5:254-269
82. Ersin NK, 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* 137:1529-1536
83. Ertugrul F, Cogulu D, Özdemir Y, Ersin N (2010) Comparison of conventional versus colored compomers for class II restorations in primary molars: a 12-month clinical study. *Med Princ Pract* 19:148-152

84. Ertugrul F, Cogulu D, Özdemir Y, Ersin N (2010) Comparison of conventional versus colored compomers for class II restorations in primary molars: a 12-month clinical study. *Med Princ Pract* 19:148-152
85. Evans DJ, Southwick CA, Foley JI, Innes NP, Pavitt SH, Hall N (2000) The Hall technique: a pilot trial of a novel use of preformed metal crowns for managing carious primary teeth. URL: <http://www.app.dundee.ac.uk/tuith/Articles/rt03.pdf> (abgerufen: 09.12.2012)
86. Farooq NS, Coll JA, Kuwabara A, Shelton P (2000) Success rates of formocresol pulpotomy and indirect pulp therapy in the treatment of deep dentinal caries in primary teeth. *Pediatr Dent* 22:278-286
87. Feierabend S, Dobersch-Paulus S (2008) Kinderkronen step by step. *ZMK* 24: 830-837
88. Feierabend S, Dobersch-Paulus S (2008) Milchzahnkronen. Überholt oder doch aktuell? *ZWR* 117:90-98
89. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Davidson CL (1998) Sealing ability of two "compomers" applied with and without phosphoric acid treatment for Class V restorations in vivo. *J Prosthet Dent* 79:131-135
90. Frankenberger R, Sindel J, Krämer N, Petschelt A (1997) Die Verbindung von Adhäsivsystemen unterschiedlicher Generationen mit Schmelz und Dentin der ersten und zweiten Dentition. *Dtsch Zahnärztl Z* 52:795-799
91. Frankenberger R (2000) Schmelz- und Dentinbonding State of the Art 2000. *Ästhet Zahnmed* 5:286-294
92. Frankenberger R, Krämer N, Petschelt A (2000) Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent* 25:324-330
93. Frankenberger R (2001) Materialkundliche Grundlagen der Adhäsivtechnik. In: *Die Adhäsivtechnologie. Ein Leitfaden für Theorie und Praxis*. 3M Espe AG, pp 12-27
94. Frankenberger R (2010) Update Adhäsivtechnik 2010. *Wissen Kompakt* 4:3-12
95. Fried D, Staninec M, Darling CL (2010) Near-Infrared Imaging of Dental Decay at 1310 nm. *J Laser Dent* 18:8-16
96. Friedl K, Friedl KH (2012) Adhäsivtechnik – so einfach wie nie. *ZWP* 7/8:76-79
97. Friedl KH, Hiller KA, Schmalz G (1995) Placement and replacement of composite restorations in Germany. *Oper Dent* 20:34-38
98. Fuks AB, Araujo FB, Osorio LB, Hadani PE, Pinto AS (2000) Clinical and radiographic assessment of Class II esthetic restorations in primary molars. *Pediatr Dent* 22:479-485
99. Garcia-Godoy F (1984) Clinical evaluation of the retention of preformed crowns using two dental cements. *J Pedod* 8:278-281
100. Garcia-Godoy F, Hosoya Y (1998) Bonding mechanism of Compoglass to dentin in primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 22:217-220
101. Garcia-Godoy F (2000) Resin-based composites and compomers in primary molars. *Dent Clin North Am* 44:541-570

102. Gateva N, Kabaktchieva R (2012) Hybrid layer thickness in primary and permanent teeth – a comparison between total etch adhesives. *J IMAB* 18:191-199
103. Ghaderi F, Mardani A (2015) Clinical success rate of compomer and amalgam class II restorations in first primary molars: a two-year study. *J Dent Res Dent clin Dent Prospects* 9:92-95
104. Ghanim A, Manton D, Marino R, Morgan M, Bailey D (2013) Prevalence of demarcated hypomineralisation defects in second primary molars in Iraqi children. *Int J Paediatr Dent* 23:48-55
105. Giraki M, Raab WH. Konservierende Restaurationen im Milchgebiss. *ZWP* 6:44-49
106. Glockmann E, Gehroldt C, Triemer K (1997) Freisetzung von Fluorid aus unterschiedlichen Glasionomern. *Dtsch Zahnärztl Z* 52:668-672
107. KaVo Dental GmbH (2008) Gebrauchsanweisung DIAGNOcam 2170. Kaltenbach & Voigt GmbH, Biberach, Deutschland. URL: <http://www.kavo.com/de/file/1929/download?token=4wbh6Xqj> (abgerufen: 04.11.2014)
108. Gotti G, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M (2004) Evaluation of the bonding mechanism of an adhesive material to primary teeth. *J Dent Child* 71:54-60
109. Greene JC, Vermillion JR (1964) The simplified oral hygiene index. *J Am Dent Assoc* 68:7-13
110. Gross LC, Griffen AL, Casamassimo PS (2001) Compomers as Class II restorations in primary molars. *Pediatr Dent* 23:24-27
111. Hannig N, Hannig C, Nitzsche G. Füllungstherapie im Milchgebiss. Sonderbeilage Zahnärzteblatt Sachsen 6:4-9
112. Heinrich-Weltzien R, Weerheijm KL, Kühnisch J, Oehme T, Stösser L (2002) Clinical evaluation of visual, radiographic, and laser fluorescence methods for detection of occlusal caries. *ASDC J Dent Child* 69:127-132,123
113. Heinrich-Weltzien R, Haak R, Buchalla W, Kühnisch J (2008) Kariesdiagnostik. Eine Herausforderung für den Zahnarzt? *ZWR* 117:160-168
114. Henderson HZ (1973) Evaluation of the preformed stainless steel crown. *ASDC J Dent Child* 40:353-358
115. Hickel R, Krämer N (1990) Möglichkeiten der Überkronung zerstörter Milchzähne. *Zahnärztliche Welt* 99:367-371
116. Hickel R, Voss A (1990) A comparison of glass cermet cement and amalgam restorations in primary molars. *ASDC J Dent Child* 57:184-188
117. Hickel R (1997) Moderne Füllungswerkstoffe. *Dtsch Zahnärztl Z* 52:572-585
118. Hickel R, Manhart J (1999) Glass-ionomers and compomers in pediatric dentistry. In: *Advances in glass ionomer cements*. Davidson CL, Mjör IA (eds), Quintessence Publishing Co., Inc., Berlin, pp 201-226
119. Hickel R, Kaaden C, Paschos E, Bürkle V, Garcia-Godoy F, Manhart J (2005) Longevity of occlusally-stressed restorations in posterior primary teeth. *Am J Dent* 18:198-211

120. Hickel R, Ernst HP, Haller B, Hugo B, Kunzelmann KH, Merte K (2005) Direkte Kompositrestauration im Seitenzahnbereich – Indikation und Lebensdauer. *Dtsch Zahnärztl Z* 60:543-545
121. Hickel R, Roulet JF, Bayne S, Heintze SD, Mjör IA, Peters M (2007) Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. *Clin Oral Investig* 11:5-33
122. Hickel R, Roulet JF, Bayne S, Heintze SD, Mjör IA, Peters M, Rousson V, Randall R, Schmalz G, Tyas M, Vanherle G (2007) Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. Science Committee Project 2/98 – FDI World Dental Federation study design (Part I) and criteria for evaluation (Part II) of direct and indirect restorations including onlays and partial crowns. *J Adhes Dent* 9 Suppl 1:121-147
123. Hicks J, Garcia-Godoy F, Milano M, Flaitz C (2000) Compomer materials and secondary caries formation. *Am J Dent* 13:231-234
124. Hicks MJ, Flaitz CM, Silverstone LM (1986) Secondary caries formation in vitro around glass ionomer restorations. *Quintessence Int* 17:527-532
125. Hirsch C (2007) Das Problem der Milchzahnkaries erfordert zukünftig mehr Problembewusstsein. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde* 30:3
126. Holan G, Fuks AB, Ketlz N (2002) Success rate of formocresol pulpotomy in primary molars restored with stainless steel crown vs amalgam. *Pediatr Dent* 24:212-216
127. Hosoya Y (1991) The effect of acid etching times on ground primary enamel. *J Clin Pediatr Dent* 15:188-194
128. Hotz P, Gujer A, Stassinakis A (1996) Influence of specimen shape, setting time and glassionomer typ on the long-term fluoride release. *J Dent Res* 75:70-74
129. Hse KM, Wei SH (1997) Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results. *J Am Dent Assoc* 128:1088-1096
130. Hücke S (1997) Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zum Schmelzprismenverlauf am Kavitätenrand in Klasse-II-Kavitäten bei Milchmolaren. Dissertation, FU Berlin. URL: [http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS\\_derivate\\_000000015819/Diss\\_K.Hucke.pdf](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000015819/Diss_K.Hucke.pdf) (abgerufen: 04.05.2013)
131. Hunter B (1985) Survival of dental restorations in young patients. *Community Dent Oral Epidemiol* 13:285-287
132. Innes NP, Stirrups DR, Evans DJ, Hall N, Leggate M (2006) A novel technique using preformed metal crowns for managing carious primary molars in general practice - a retrospective analysis. *Br Dent J* 200:451-454
133. Innes NP, Evans DJ, Stirrups DR (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* 18:1-21
134. Innes NP, Ricketts DN, Evans DJ (2008) Preformed metal crowns for decayed primary molar teeth. *The Cochrane Library* 4:1-10

135. Innes NP, Evans DJ, Stirrups DR (2011) Sealing caries in primary molars: randomized control trial, 5-year results. *J Dent Res* 90:1405-1410
136. Ismail AI (1998) Prevention of early childhood caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 26:49-61
137. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, Pitts NB (2007) The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 35:170-178
138. Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF (2004) Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater* 20:789-795
139. Jablonski-Momeni A, Stachniss V, Ricketts DN, Heinzl-Gutenbrunner M, Pieper K (2008) Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res* 42:79-87
140. Jablonski-Momeni A, Stoll R (2009) Das International Caries Detection and Assessment System (ICDAS-II). Vorstellung eines visuellen Verfahrens der Kariesdiagnose. *Dentalhygiene Journal* 2:6-8
141. Jablonski-Momeni A, Ricketts DN, Weber K, Ziomek O, Heinzl-Gutenbrunner M, Schipper HM, Stoll R, Pieper K (2010) Effect of different time intervals between examinations on the reproducibility of ICDAS-II for occlusal caries. *Caries Res* 44:267-271
142. Jablonski-Momeni A, Ricketts DN, Rolfsen S, Stoll R, Heinzl-Gutenbrunner M, Stachniss V, Pieper K (2011) Performance of laser fluorescence at tooth surface and histological section. *Lasers Med Sci* 26:171-178
143. Jablonski-Momeni A, Stucke J, Steinberg T, Heinzl-Gutenbrunner M (2012) Use of ICDAS-II, fluorescence-based methods and radiography in detection and treatment decision of occlusal caries lesions: An in vitro study. *Int J Dent* 2012:1-8
144. Johnsen DC, Gerstenmaier JH, DiSantis TA, Berkowitz RJ (1986) Susceptibility of nursing-caries children to future approximal molar decay. *Pediatr Dent* 8:168-170
145. Kaaden C, Schmalz G, Powers JM (2003) Morphological characterization of the resin-dentin interface in primary teeth. *Clin Oral Investig* 7:235-240
146. Kamann WK (1997) Kofferdam – Stand der Technik I/II. *Quintessenz* 48:1187-1201,1333-1343
147. Karlsson L, Maia AM, Kyotoku BB, Tranaeus S, Gomes AS, Margulis W (2010) Near-infrared transillumination of teeth: measurement of a system performance. *J Biomed Opt* 15:1-8
148. Kavvadia K, Kakaboura A, Vanderas AP, Papagiannoulis L (2004) Clinical evaluation of a compomer and an amalgam primary teeth class II restorations: a 2-year comparative study. *Pediatr Dent* 26:245-250
149. Khinda VI, Grewal N (2002) Retentive [correction of Preventive] efficacy of glass ionomer, zinc phosphate and zinc polycarboxylate luting cements in preformed stainless steel crowns: a comparative clinical study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 20:41-46
150. Kielbassa A, Schneider S (2012) Kariesdiagnose mit System. *ZWP* 3:66-67

151. Kilpatrick NM (1993) Durability of restorations in primary molars. *J Dent* 21:67-73
152. Kindelan SA, Day P, Nichol R, Willmott N, Fayle SA (2008) UK National Clinical Guidelines in Paediatric Dentistry: stainless steel preformed crowns for primary molars. *Int J Paediatr Dent* 18 Suppl 1:20-28
153. Kleeberg L (2006) Die Problematik der frühkindlichen Karies. *ZWP* 11:58-62
154. Klein H, Palmer CE (1938) Studies on dental caries. *Public Health Rep* 53:1685-1732
155. Kochhar GK, Srivastava N, Pandit IK, Gugnani N, Gupta M (2011) An evaluation of different caries removal techniques in primary teeth: a comparative clinical study. *J Clin Pediatr Dent* 36:5-9
156. Kodaira H, Ohno K, Fukase N, Kuroda M, Adachi S, Kikuchi M, Asada Y (2013) Release and systemic accumulation of heavy metals from preformed crowns used in restoration of primary teeth. *J Oral Sci* 55:161-165
157. Krämer N, Garcia-Godoy F, Reinelt C, Frankenberger R (2006) Clinical performance of posterior compomer restorations over 4 years. *Am J Dent* 19:61-66
158. Krämer N, Frankenberger R (2007) Compomers in restorative therapy of children: a literature review. *Int J Paediatr Dent* 17:2-9
159. Krämer N, Lohbauer U, Frankenberger R (2007) Restorative materials in the primary dentition of poli-caries patients. *Eur Arch Paediatr Dent* 8:29-35
160. Krämer N, Frankenberger R (2004) Füllungstherapie im Milchgebiss. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde* 26:78-84
161. Krämer N, Frankenberger R (2006) Konfektionierte Milchzahnkronen im Seitenzahnbereich. *Bayerisches Zahnärzteblatt* 4:39-41
162. Krämer N, Frankenberger R (2009) Füllungstherapie im Milchgebiss. *Zahnmedizin up2date Thieme* 4:339-357
163. Sozialgesetzbuch Fünftes Buch Gesetzliche Krankenversicherung. § 21 Verhütung von Zahnerkrankungen (Gruppenprophylaxe). URL: [http://www.gesetze-im-internet.de/sgeb\\_5/\\_\\_\\_21.html](http://www.gesetze-im-internet.de/sgeb_5/___21.html) (abgerufen: 20.06.2012)
164. Krejci I, Gebauer L, Häusler T, Lutz F (1994) Kompomere – Amalgamersatz für Milchzahnkavitäten? *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 104:724-730
165. Krejci I, Wiedmer CS, Lutz F (1998) Klinische, röntgenologische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchung von Milchzahn-Kompomer-Füllungen nach zweijähriger Funktionszeit. *Acta Med Dent Helv* 3:48-53
166. Kühnisch J (2013) Studienprojekt „Nutzen des DIAGNOcam-Verfahrens zur Kariesdetektion und -diagnostik“. Zusammenfassung und Abschlussbericht. URL: [http://www.kavo.de/img\\_cpm/350\\_DIAGNOcam/files/DIAGNOcam\\_LMUAbschlussbericht.pdf](http://www.kavo.de/img_cpm/350_DIAGNOcam/files/DIAGNOcam_LMUAbschlussbericht.pdf) (abgerufen: 28.06.2014)
167. Lange DE (1977) Klinische Bewertungsverfahren zur Objektivierung der Mundhygiene. *Dtsch Zahnärztl Z* 32:44-47
168. Lazaridou D, Belli R, Krämer N, Petschelt A, Lohbauer U (2015) Dental materials for primary dentition: are they suitable for occlusal restorations? A two-body wear study. *Eur Arch Paediatr Dent* 16:165-172

169. Lee BB, White GE (1998) Chamfered margin effects on occlusal microleakage of primary molar class I composite resin restorations in vitro. *J Clin Pediatr Dent* 22:113-116
170. Levering NJ, Messer LB (1988) The durability of primary molar restorations: I. Observations and predictions of success of amalgams. *Pediatr Dent* 10:74-80
171. Loe H, Theilade E, Jensen SB (1965) Experimental Gingivitis in Man. *J Periodontol* 36:177-187
172. Lutz F, Lüscher B, Ochsenbein H, Mühlemann HR (1976) *Adhäsive Zahnheilkunde*. Zürich: Abteilung für Kariologie und Parodontologie, Zahnärztliches Institut, Universität Zürich, Juris Druck Verlag (Selbstverlag)
173. Dental Magazin (2013) Kariesdiagnostik: Neue Techniken. 15. Oktober 2013, Köln: Deutscher-Ärzte-Verlag GmbH. URL: [http://www.dentalmagazin.de/expertenzirkel/Kariesdiagnostik-Neue-Techniken\\_147854.html#1](http://www.dentalmagazin.de/expertenzirkel/Kariesdiagnostik-Neue-Techniken_147854.html#1) (abgerufen: 20.05.2015)
174. Marks LA, Weerheijm KL, van Amerongen WE, Groen HJ, Martens LC (1999) Dyract versus Tytin class II restorations in primary molars: 36 months evaluation. *Caries Res* 33:387-392
175. Marks LA, van Amerongen WE, Borgmeijer PJ, Groen HJ, Martens LC (2000) Ketac Molar Versus Dyract class II restorations in primary molars: twelve month clinical results. *ASDC J Dent Child* 67:37-41,38-39
176. Marsh P (2004) Dental plaque as a microbial biofilm. *Caries Res* 38:204-211
177. Martignon S, Tellez M, Santamaria RM, Gomez J, Ekstrand KR (2010) Sealing distal proximal caries lesions in first primary molars: efficacy after 2.5 years. *Caries Res* 44:562-570
178. Mass E, Gordon M, Fuks AB (1999) Assessment of compomer proximal restorations in primary molars: a retrospective study in children. *ASDC J Dent Child* 66:93-97
179. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD (1994) Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int* 25:587-589
180. Messer LB, Levering NJ (1988) The durability of primary molar restorations: II. Observations and predictions of success of stainless steel crowns. *Pediatr Dent* 10:81-85
181. Mjör IA, Dahl JE, Moorhead JE (2002) Placement and replacement of restorations in primary teeth. *Acta Odontol Scand* 60:25-28
182. Mjör IA (2005) Clinical diagnosis of recurrent caries. *J Am Dent Assoc* 136:1426-1433
183. Mortimer KV (1970) The relationship of deciduous enamel structure to dental disease. *Caries Res* 4:206-223
184. Mount GJ (2003) Minimal intervention dentistry: rationale of cavity design. *Oper Dent* 28:92-99
185. Mount GJ, Tyas JM, Duke ES, Hume WR, Lasfargues JJ, Kaleka R (2006) A proposal for a new classification of lesions of exposed tooth surfaces. *Int Dent J* 56:82-91

186. Mühlemann HR, Son S (1971) Gingival sulcus bleeding – a leading symptom in initial gingivitis. *Helv Odontol Acta* 15:107-113
187. Murdoch-Kinch CA, McLean ME (2003) Minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc* 134:87-95
188. Myers DR (1975) A clinical study of the response of the gingival tissue surrounding stainless steel crowns. *ASDC J Dent Child* 42:281-284
189. Myers DR (1977) Factors producing failure of class II silver amalgam restorations in primary molars. *ASDC J Dent Child* 44:226-229
190. Nakornchai S, Harnirattisai C, Surarit R, Thiradilok S (2005) Microtensile bond strength of a total-etching versus self-etching adhesive to caries-affected and intact dentin in primary teeth. *J Am Dent Assoc* 136:477-483
191. Nash DA (1981) The nickel-chromium crown for restoring posterior primary teeth. *J Am Dent Assoc* 102:44-49
192. Naujoks R, Schade H, Zelinka F (1967) Chemical composition of different areas of the enamel of deciduous and permanent teeth. (The content of Ca, P, CO<sub>2</sub>, Na and N<sub>2</sub>). *Caries Res* 1:137-143
193. Nebling S (2008) Milchzähne mit System präparieren. *ZWP* 3:60-61
194. Nitzsche G (2011) Frühkindliche Karies (ECC) sowie deren Therapie. *Sonderbeilage Zahnärzteblatt Sachsen* 6:9-13
195. Noffsinger DP, Jedrychowski JR, Caputo AA (1983) Effects of polycarboxylate and glass ionomer cements on stainless steel crown retention. *Pediatr Dent* 5:68-71
196. O'Sullivan DM, Tinanoff N (1993) Maxillary anterior caries associated with increased caries risk in other primary teeth. *J Dent Res* 72:1577-1580
197. O'Sullivan DM, Tinanoff N (1996) The association of early dental caries patterns with caries incidence in preschool children. *J Public Health Dent* 56:81-83
198. Ormond C, Douglas G, Pitts N (2010) The use of the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) in a National Health Service general dental practice as part of an oral health assessment. *Prim Dent Care* 17:153-159
199. Östlund J, Möller K, Koch G (1992) Amalgam, composite resin and glass ionomer cement in Class II restorations in primary molars – a three year clinical evaluation. *Swed Dent J* 16:81-86
200. Özer L, Özalp N, Okte Z, Öztaş D (2006) Effects of saliva contamination on shear bond strength of compomer to dentin in primary teeth. *Am J Dent* 19:28-30
201. Page LA, Boyd DH, Davidson SE, McKay SK, Thomson WM, Innes NP (2014) Acceptability of the Hall Technique to parents and children. *N Z Dent J* 110:12-17
202. Papagiannoulis L, Kakaboura A, Pantaleon F, Kavvadia K (1999) Clinical evaluation of a polyacid-modified resin composite (compomer) in class II restorations of primary teeth: a two-year follow-up study. *Pediatr Dent* 21:231-234
203. Papathanasiou AG, Curzon ME, Fairpo CG (1994) The influence of restorative material on the survival rate of restorations in primary molars. *Pediatr Dent* 16:282-288

204. Pascon FM, Kantovitz KR, Caldo-Teixeira AS, Borges AF, Silva TN, Puppini-Rontani RM, Garcia-Godoy F (2006) Clinical evaluation of composite and compomer restorations in primary teeth: 24-month results. *J Dent* 34:381-388
205. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA (1993) Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int* 24:618-631
206. Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR (2002) The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 46:211-245
207. Perdigão J, Frankenberger R, Rosa BT, Breschi L (2000) New trends in dentin/enamel adhesion. *Am J Dent* 13:25-30
208. Peschke A, Blunck U, Roulet JF (2000) Influence of incorrect application of a water-based adhesive system on the marginal adaptation of class V restorations. *Am J Dent* 13:239-244
209. Peters TC, Roeters JJ, Frankenmolen FW (1996) Clinical evaluation of Dyract in primary molars: 1-year results. *Am J Dent* 9:83-88
210. Peumans M, Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B (2005) Three-year clinical effectiveness of a two-step self-etch adhesive in cervical lesions. *Eur J Oral Sci* 113:512-518
211. Pieper K (1995) Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 1994. Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege, Bonn
212. Pieper K (1996) Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 1995. Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege, Bonn
213. Pieper K (1998) Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 1997. Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege, Bonn
214. Pieper K (2001) Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2000. Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege, Bonn
215. Pieper K (2005) Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2004. Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege, Bonn
216. Pieper K, Jablonski-Momeni A (2008) Prävalenz der Milchzahnkaries in Deutschland. Die aktuelle Herausforderung angesichts generell erfolgreicher Karies-Prophylaxe bei Kindern und Jugendlichen. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde* 30:6-10
217. Pieper K (2010) Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2009. Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege, Bonn
218. Pilz ME, Hetzer G, Viergutz G (1994) Vergleichende klinische Bewertung von Klasse-I-Füllungen mit Glasionomerzement, Seitenzahnkomposit und Amalgam – Ergebnisse einer 6-Jahres-Studie. *Quintessenz* 45:21-34

219. Pitts N (2004) "ICDAS" – an international system for caries detection and assessment being developed to facilitate caries epidemiology, research and appropriate clinical management. *Community Dent Health* 21:193-198
220. Qvist V, Laurberg L, Poulsen A, Teglers PT (2004) Class II restorations in primary teeth: 7-year study on three resin-modified glass ionomer cements and a compomer. *Eur J Oral Sci* 112:188-196
221. Qvist V, Laurberg L, Poulsen A, Teglers PT (2004) Eight-year study on conventional glass ionomer and amalgam restorations in primary teeth. *Acta Odontol Scand* 62:37-45
222. Qvist V, Manscher E, Teglers PT (2004) Resin-modified and conventional glass ionomer restorations in primary teeth: 8-year results. *J Dent* 32:285-294
223. Qvist V, Poulsen A, Teglers PT, Mjör IA (2010) The longevity of different restorations in primary teeth. *Int J Paediatr Dent* 20:1-7
224. Randall RC, Vrijhoef MM, Wilson NH (2000) Efficacy of preformed metal crowns vs. amalgam restorations in primary molars: a systematic review. *J Am Dent Assoc* 131:337-343
225. Randall RC (2002) Preformed metal crowns for primary and permanent molar teeth: review of the literature. *Pediatr Dent* 24:489-500
226. Roberts JF, Sherriff M (1990) The fate and survival of amalgam and preformed crown molar restorations placed in a specialist paediatric dental practice. *Br Dent J* 169:237-244
227. Roberts JF, Attari N, Sherriff M (2005) The survival of resin modified glass ionomer and stainless steel crown restorations in primary molars, placed in a specialist paediatric dental practice. *Br Dent J* 198:427-431
228. Rodrigues JA, Hug I, Diniz MB, Lussi A (2008) Performance of fluorescence methods, radiographic examination and ICDAS II on occlusal surfaces in vitro. *Caries Res* 42:297-304
229. Roeters JJ, Frankenmolen F, Burgersdijk RC, Peters TC (1998) Clinical evaluation of Dyract in primary molars: 3-year results. *Am J Dent* 11:143-148
230. Ryge G, Snyder M (1973) Evaluating the clinical quality of restorations. *J Am Dent Assoc* 87:369-377
231. Santamaria MR, Splieth CH (2013) Stahlkronen. Bewährte Versorgung für Milchzähne. *Der Freie Zahnarzt* 6:64-73
232. Santamaria RM, Innes NP, Machiulskiene V, Evans DJ, Splieth CH (2014) Caries management strategies for primary molars: 1-yr randomized control trial results. *J Dent Res* 93:1062-1069
233. Sardella TN, de Castro FL, Sanabe ME, Hebling J (2005) Shortening of primary dentin etching time and its implication on bond strength. *J Dent* 33:355-362
234. Schmitt DC, Lee J (2002) Microleakage of adhesive resin systems in the primary and permanent dentitions. *Pediatr Dent* 24:587-593
235. Schüler IM, Hiller M, Roloff T, Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R (2014) Clinical success of stainless steel crowns placed under general anaesthesia in primary molars: An observational follow up study. *J Dent* 42:1396-1403

236. Schulte A (1999) Konfektionierte Kronen im Milchgebiss. Schweiz Monatsschr Zahnmed 109:243-254
237. Schulte A, Hetzer G (1999) Konfektionierte Kronen zur Versorgung stark zerstörter Milchzähne. Dtsch Zahnärztl Z 54:595
238. Schulte A, Hetzer G (2002) Stellungnahme der DGZMK V 1.1, Stand 6/02. Dtsch Zahnärztl Z 54:99
239. Schwendicke F, Stolpe M, Innes N (2015) Conventional treatment, Hall Technique or immediate pulpotomy for carious primary molars: a cost-effectiveness analysis. Int Endod J 2015, DOI: 10.1111/iej.12537
240. Seale NS (2002) The use of stainless steel crowns. Pediatr Dent 24:501-505
241. Senawongse P, Harnirattisai C, Shimada Y, Tagami J (2004) Effective bond strength of current adhesive systems on deciduous and permanent dentin. Oper Dent 29:196-202
242. Sengul F, Gurbuz T (2015) Clinical evaluation of restorative materials in primary teeth class II lesions. J Clin Pediatr Dent 39:315-321
243. Sharaf AA, Farsi NM (2004) A clinical and radiographic evaluation of stainless steel crowns for primary molars. J Dent 32:27-33
244. Shivakumar K, Prasad S, Chandu G (2009) International Caries Detection and Assessment System: A new paradigm in detection of dental caries. J Conserv Dent 12:10-16
245. Shoaib L, Deery C, Ricketts DN, Nugent ZJ (2009) Validity and reproducibility of ICDAS II in primary teeth. Caries Res 43:442-448
246. Silness J, Loe H (1964) Periodontal Disease in Pregnancy. II. Correlation between Oral Hygiene and Periodontal Condition. Acta Odontol Scand 22:121-135
247. Silverstone LM (1970) The histopathology of early approximal caries in the enamel of primary teeth. ASDC J Dent Child 37:201-210
248. Söchtig F, Hickel R, Kühnisch J (2014) Caries detection and diagnostics with near-infrared light transillumination: clinical experiences. Quintessence Int 45:531-538
249. Soncini JA, Maserejian NN, Trachtenberg F, Tavares M, Hayes C (2007) The longevity of amalgam versus compomer/composite restorations in posterior primary and permanent teeth: findings From the New England Children's Amalgam Trial. J Am Dent Assoc 138:763-772
250. Splieth CH (2004) Füllungstherapie im Milchgebiss. Dentalhygiene Journal 2:26-28
251. Splieth CH, Heyduck C, König KG (2006) Gruppenprophylaxe nach dem Caries Decline. Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde 28:60-64
252. Splieth CH, Treuner A, Berndt C (2009) Orale Gesundheit im Kleinkindalter. Präventive Zahnmedizin 4:119-123
253. Sumikawa DA, Marshall GW, Gee L, Marshall SJ (1999) Microstructure of primary tooth dentin. Pediatr Dent 21:439-444
254. Summitt JB (2002) Conservative cavity preparations. Dent Clin North Am 46:171-184

255. Threlfall AG, Pilkington L, Milsom KM, Blinkhorn AS, Tickle M (2005) General dental practitioners' views on the use of stainless steel crowns to restore primary molars. *Br Dent J* 199:453-455
256. Toh SL, Messer LB (2007) Evidence-based assessment of tooth-colored restorations in proximal lesions of primary molars. *Pediatr Dent* 29:8-15
257. Tran LA, Messer LB (2003) Clinicians' choices of restorative materials for children. *Aust Dent J* 48:221-232
258. Tuna-Meyer A, Noack MJ (2008) Füllungstherapie bei Kindern. *ZWP* 3:42-46
259. Turgut MD, Tekçiçek M, Ölmez S (2004) Clinical evaluation of a polyacid-modified resin composite under different conditioning methods in primary teeth. *Oper Dent* 29:515-523
260. Van der Zee V, van Amerongen WE (2010) Short communication: Influence of preformed metal crowns (Hall technique) on the occlusal vertical dimension in the primary dentition. *Eur Arch Paediatr Dent* 11:225-227
261. Van Waes HJM, Ben-Zur ED (1989) Stahlkronen in der Kinderzahnmedizin. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 99:794-807
262. Van Waes HJM (1993) Füllungstherapie kariöser Milchmolaren: Materialien und Methoden. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 103:947-957
263. Van Waes HJM, Stöckli PW (2001) Kinderzahnmedizin. In: *Farbatlant der Zahnmedizin* 17. Rateitschak KH, Wolf HF (eds). Georg Thieme Verlag, Stuttgart
264. Waterhouse PJ, Whitworth JM, Camp JH, Fuks AB (2011) Pediatric Endodontics: Endodontic treatment for the primary and young permanent dentition. In: *Cohen's pathways of the pulp*. Hargreaves KM, Cohen S (eds). Mosby Elsevier, St. Louis
265. Welbury RR, Shaw AJ, Murray JJ, Gordon PH, McCabe JF (2000) Clinical evaluation of paired compomer and glass ionomer restorations in primary molars: final results after 42 months. *Br Dent J* 189:93-97
266. Wendt LK, Koch G, Birkhed D (1998) Replacements of restorations in the primary and young permanent dentition. *Swed Dent J* 22:149-155
267. WHO (1997) *Oral Health Surveys: Basic Methods*. ed 4., Geneva
268. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G (1993) Three-year follow-up of five posterior composites: in vivo wear. *J Dent* 21:74-78
269. Willershausen B, Azrak B, Ehlers V (2008) Moderne Behandlungskonzepte in der Zahnheilkunde. *ZWP* 3:36-40
270. Wong FS, Day SJ (1990) An investigation of factors influencing the longevity of restorations in primary molars. *J Int Assoc Dent Child* 20:11-16
271. Zantner C, Kielbassa AM, Martus P, Kunzelmann KH (2004) Sliding wear of 19 commercially available composites and compomers. *Dent Mater* 20:277-285
272. Zhang S, Chen T, Ge LH (2013) Evaluation of clinical outcomes for Er:YAG laser application in caries therapy of children. *J Peking University* 45:87-91
273. Ziller S, Micheelis W, Oesterreich D, Reich E (2006) Goals for oral health in Germany 2020. *Int Dent J* 56:29-32
274. Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A (2010) Kompositmaterialien: Zusammensetzung, Eigenschaften und klinische Anwendung. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 120:980-986

In PubMed gesuchte Begriffe:

- Pediatric dentistry
- Primary (molar) teeth/dentition/restorations
- Early childhood caries
- Stainless steel crowns
- Preformed metal crowns
- Compomer restorations
- Polyacid-modified composite resins
- Longevity
- Clinical evaluation/study/performance
- Survival rate, clinical success
- USPHS criteria/Ryge criteria
- ICDAS

## 10 Anhang

### 10.1 Abkürzungsverzeichnis

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Abb.                           | Abbildung  |
| API                            | Approximalraum-Plaque-Index                                |
| BfArM                          | Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte        |
| Bis-GMA                        | Bisphenol-A-Glycidylmethacrylat                            |
| BMI                            | Body Mass Index  |
| BOP                            | Bleeding on Probing  |
| DAJ                            | Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege          |
| DGZMK                          | Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde |
| DIFOTI                         | Digital Imaging Fiber Optic Transillumination              |
| ECC                            | Early Childhood Caries                                     |
| Er:YAG-Laser                   | Erbium:Yttrium-Aluminium-Granat-Laser                      |
| et al.                         | et alii  |
| FOTI                           | Fiberoptische Transillumination                            |
| GIZ                            | Glasionomerzement  |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | Phosphorsäure  |
| HT                             | Hall-Technik   |
| HSPM                           | Hypomineralized Second Primary Molars                      |
| ICDAS                          | International Caries Detection and Assessment System       |
| Ion-Ni-Chro                    | Eisen-Nickel-Chrom   |
| ITN                            | Intubationsnarkose   |
| L.E.D.                         | Light Emitting Diode                                       |
| LMU München                    | Ludwig-Maximilians-Universität München                     |
| MIH                            | Molar-Inzisivus-Hypomineralisation                         |
| NIR                            | Nahinfrarot  |

---

|                  |                                     |
|------------------|-------------------------------------|
| ∅                | Durchschnitt                        |
| PA-Sonde         | Parodontalsonde                     |
| PMC              | Prefomed Metal Crown                |
| RöV              | Röntgenverordnung                   |
| SBI              | Sulkus-Blutungs-Index               |
| SGB              | Sozialgesetzbuch                    |
| SiO <sub>2</sub> | Siliziumdioxid                      |
| SN               | Seriennummer                        |
| SSC              | Stainless steel crown               |
| Tab.             | Tabelle                             |
| USB              | Universal Serial Bus                |
| USPHS            | United States Public Health Service |
| vgl.             | vergleiche                          |
| vs.              | versus                              |
| WHO              | World Health Organization           |
| z. B.            | zum Beispiel                        |
| λ                | Lambda                              |

## 10.2 Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Vorstellung der einzelnen ICDAS-Karies-Codes.....  | 43 |
| Abbildung 2: Boxplot-Darstellung des Alters der untersuchten Patienten differenziert nach Versorgung mit konfektionierten Kronen beziehungsweise Kompomer-Füllungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung .....                              | 63 |
| Abbildung 3: Boxplot-Darstellung der Verweildauer der Restaurationen bei den untersuchten Patienten differenziert nach Versorgung mit konfektionierten Kronen beziehungsweise Kompomer-Füllungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ..... | 64 |
| Abbildung 4: Histogramm der ICDAS-Kariescodes (0-5) der mit Kompomer-Füllungen versorgten Milchmolaren der Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung; Angaben in Prozent .....   | 66 |
| Abbildung 5: Korrelogramm zur Darstellung der Korrelation zwischen Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Erstbehandlung und der Verweildauer der Restaurationen differenziert nach Kronen- und Füllungsgruppe.....                        | 68 |
| Abbildung 6: Boxplot-Darstellung der Approximalraum-Plaque-Index-Befunde (API) der untersuchten Restaurationen differenziert nach Versorgung mit konfektionierten Kronen oder Kompomer-Füllungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ..... | 69 |
| Abbildung 7: Boxplot-Darstellung der Sulkus-Blutungs-Index-Befunde (SBI) der untersuchten Restaurationen differenziert nach Versorgung mit konfektionierten Kronen und Kompomer-Füllungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.....         | 70 |
| Abbildung 8: Boxplot-Darstellung der Verweildauer der Kompomer-Füllungen in den untersuchten Milchmolaren differenziert nach Lokalisation der Restauration im ersten oder zweiten Milchmolaren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung .....   | 71 |
| Abbildung 9: Boxplot-Darstellung der Verweildauer der Kompomer-Füllungen in den untersuchten Milchmolaren differenziert nach Kavitäten-Klasse I und II zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung .....   | 72 |
| Abbildung 10: Boxplot-Darstellung der Verweildauer der Kompomer-Füllungen in den untersuchten Milchmolaren differenziert nach Versorgung mit Dyract AP beziehungsweise Twinky Star zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.....                | 73 |
| Abbildung 11: Klassifikation der Darstellung von NIR- und ICDAS-Diagnostik basierend auf der klinischen Erfahrung im Zuge dieser Studie .....   | 76 |

### 10.3 Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 1: Studien zur Versorgung von Milchzähnen mit Kompomeren sortiert nach Erscheinungsjahr..... | 19 |
| Tabelle 2: Milchzahn-Füllungstherapie mit Amalgam und plastischen Materialien .....                  | 28 |
| Tabelle 3: Unterschiede zwischen Milch- und bleibenden Zähnen [159].....                             | 30 |
| Tabelle 4: Vergleich von Kronen- und Füllungsrestaurationen im Milchgebiss.....                      | 34 |
| Tabelle 5: ICDAS-Versorgungscodes.....   | 42 |
| Tabelle 6: ICDAS-Kariescodes .....   | 42 |
| Tabelle 7: Bewertungskriterien für die Beurteilung von Restaurationen nach Hickel et al. [120] ..... | 45 |
| Tabelle 8: Verwendete Restaurationsmaterialien .....   | 53 |
| Tabelle 9: Untersuchungsablauf.....  | 55 |
| Tabelle 10: Bewertung der Füllungsrestaurationen nach Hickel et al. [120].....                       | 60 |
| Tabelle 11: Bewertung der Kronenrestaurationen nach Hickel et al. [121] .....                        | 61 |

## 10.4 Ethikkommissionsvotum



Charité | 10117 Berlin

Herrn  
Dr. Christian Finke  
Charité Universitätsmedizin Berlin  
Kieferorthopädie, CC3  
Aßmannshauser Str. 4-6  
14197 Berlin

**Ethikkommission**  
Ethikausschuss 2 am Campus Virchow-Klinikum  
Vorsitzender: Prof. Dr. jur. R. Seeland

Geschäftsführung: Dr. med. Katja Orzechowski  
ethikkommission@charite.de

Korrespondenzadresse: Charitéplatz 1, 10117 Berlin  
Tel.: 030/450-517222  
Fax: 030/450-517952

<http://ethikkommission.charite.de>

Datum: 16.01.2013

Studie zur Versorgung kariöser Milchmolarenläsionen mit Kompomer- und Kronenrestorationen  
**Antragsnummer: EA2/113/13**  
Vorgang vom 17.12.13, Eingang am 02.01.2014

Sehr geehrter Herr Dr. Finke,

hiermit bestätigen wir Ihnen den Eingang des Schreibens von Frau Schmukalla vom 17.12.2013 mit folgenden Anlagen:

- Ethikantrag, Version 2 vom 18.12.2013
- Studieninformation für Eltern
- Studieninformation für Kinder
- Einwilligungserklärung

Die Auflagen laut Votum vom 30.10.2013 sind somit erfüllt.  
Wir wünschen viel Erfolg bei der Durchführung o.g. Studie.

Mit freundlichen Grüßen

## 10.5 Einwilligungs- und Aufklärungsbögen

### 10.5.1 Anschreiben Eltern



CharitéCentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Dr. Christian Finke  
Charité - Universitätsmedizin Berlin, CC3  
Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und Kinderzahnmedizin  
Aßmannshäuser Straße 4-6  
14197 Berlin  
E-Mail: christian.finke@charite.de

#### **Studie zur Versorgung kariöser Milchmolarenläsionen mit Kompomer- und/oder Kronenrestaurationen**

Liebe Eltern,

der Arbeitsbereich Kinderzahnmedizin des CharitéCentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (CC3) hat jahrzehntelange Erfahrung in der Diagnostik und Behandlung kariöser Backenzähne des Milchgebisses (Milchmolaren) und führt im Rahmen einer Doktorarbeit eine Studie zur Langlebigkeit von Füllungen und Kronen an hinteren Milchzähnen ausgewählter Patienten durch. Da Ihr Kind die Auswahlkriterien für diese Studie erfüllt (siehe Aufklärungsbogen), erhalten Sie diese Einladung.

Diesbezüglich werden Sie innerhalb der nächsten Zeit einen Anruf zur Terminabsprache für eine Nachuntersuchung in unserer Klinik erhalten. Falls Sie keine Telefonnummer bei uns hinterlassen haben, bitten wir Sie unter 450 662 550 einen Termin zu vereinbaren.

Berlin, 16.09.2014

.....  
Dr. Christian Finke

## 10.5.2 Aufklärungsbogen Eltern



CharitéCentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Dr. Christian Finke  
Charité - Universitätsmedizin Berlin, CC3  
Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und Kinderzahnmedizin  
Aßmannshauer Straße 4-6  
14197 Berlin  
E-Mail: christian.finke@charite.de

### Information für die Erziehungsberechtigten von Teilnehmer(inne)n an der klinischen Studie:

#### **Studie zur Versorgung kariöser Milchmolarenläsionen mit Kompomer- und/oder Kronenrestaurationen**

##### Studieninhalt

Untersucht werden die Füllungen und Kronen der Milchbackenzähne von Kindern beiderlei Geschlechts zwischen 6 und 12 Jahren, die unter den Bedingungen des Arbeitsbereichs Kinderzahnmedizin der Charité - Universitätsmedizin Berlin versorgt wurden. Ziel ist es, die beiden Therapiemittel (Füllung/Krone) anhand klinischer Bewertungskriterien zu beurteilen, deren Erfolgsraten zu vergleichen sowie zu ermitteln, in welchem klinischen Fall welche Therapie (Füllung oder Krone) angezeigt ist.

##### Studienablauf

Es wird ein einmaliger Untersuchungstermin mit Ihnen und Ihrem Kind vereinbart. Die Füllungen und Kronen an den hinteren Milchzähnen werden untersucht und mit dem Erstbefund aus der Akte Ihres Kindes verglichen. Der neue Befund wird auf einem Dokumentationsbogen notiert. Der Ablauf der klinischen Nachuntersuchung ähnelt Maßnahmen im Rahmen einer zahnärztlichen Kontrolluntersuchung und beinhaltet folgende Punkte:

- Ermitteln der Mundhygiene
- Zahnreinigung
- Untersuchung aller Zähne im Mund
- Untersuchung der Füllungen/Kronen

##### Zeitlicher Mehraufwand

Die klinische Nachuntersuchung Ihres Kindes dauert etwa 15-20 Minuten.

##### Vorteile für Ihr Kind als Studienteilnehmer

Ihr Kind profitiert von einer besonders gründlichen Untersuchung der Reparaturen an seinen Zähnen. Falls eine Füllung oder Krone klinisch nicht in Ordnung sein sollte, kann dies hiermit frühzeitig erkannt und repariert werden.

#### Freiwilligkeit

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Ihr Kind wird in diese klinische Nach-untersuchung also nur dann einbezogen, wenn das Kind es möchte und wenn Sie als Erziehungsberechtigte(r) dazu schriftlich Ihre Einwilligung geben (siehe Einwilligungs-erklärungsbogen). Ihr Kind hat das Recht, ohne Angabe von Gründen die Teilnahme zu verweigern, ohne dass hierdurch Nachteile für Ihr Kind entstehen. Gleiches gilt für den Widerruf der Einwilligung sowie bei einem Widerspruch gegen die Weiterverarbeitung der Daten.

#### Aufklärung über den Datenschutz

Während der klinischen Untersuchung werden medizinische Befunde und personenbezogene Daten von Ihrem Kind erhoben und auf einem Dokumentationsbogen notiert. Personen-bezogene Daten sind der Name Ihres Kindes, das Geburtsdatum, Körpergewicht und -größe sowie Geschlecht. Diese Daten werden für die Durchführung der Studie, zu Forschungs-zwecken und zur statistischen Auswertung benötigt. Die Daten werden in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern in der kinderzahnmedizinischen Abteilung des CharitéCentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (CC3) aufgezeichnet. Sie können vom Studienzahnarzt, der Ethikkommission oder anderen Überwachungsbehörden eingesehen werden, um die ordnungs-gemäße Durchführung und die Qualität der Daten gewährleisten zu können. Die Verwendung der Daten erfolgt nach den gesetzlichen Bestimmungen. Soweit es für die Auswertung und statistische Zwecke erforderlich ist, werden die erhobenen Daten in pseudonymisierter Form („Pseudonym“ bedeutet, dass keine Namen oder Initialen verwendet werden, sondern nur eine Codenummer) gespeichert. Auf den Codeschlüssel, der es erlaubt, die studienbezogenen Daten mit Ihrem Kind in Verbindung zu bringen, haben nur der Studienzahnarzt (Dr. Christian Finke) und seine Mitarbeiter Zugriff. Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert. Für die Aufbewahrung der Daten gelten strenge Datenschutzbestimmungen. Alle an der Studie beteiligten Personen unterliegen der Schweigepflicht und dürfen die Daten nicht an unbeteiligte Dritte weitergeben. Nach Abschluss aller Untersuchungen werden die personenbezogenen Daten Ihres Kindes gelöscht. Sie haben das Recht, in die Unterlagen Ihres Kindes Einblick zu nehmen sowie eine Korrektur eventueller Ungenauigkeiten in den personenbezogenen Daten vorzunehmen. Wenn Sie eine Frage haben, wenden Sie sich bitte an den Studienzahnarzt. Mögliche Studienergebnisse werden in anonymer Form, die keinerlei Rückschlüsse auf personenbezogene Daten Ihres Kindes zulassen, in entsprechender medizinischer Fachliteratur veröffentlicht. Ihre Einwilligung zur Erhebung und Verarbeitung der studienbezogenen Daten Ihres Kindes ist unwiderruflich. Im Falle eines Widerrufs der Studienteilnahme werden die bis dahin gespeicherten Daten weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist, um sicherzustellen, dass die schutzwürdigen Interessen Ihres Kindes nicht beeinträchtigt werden.

### 10.5.3 Aufklärungsbogen Kinder



CharitéCentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Dr. Christian Finke  
Charité - Universitätsmedizin Berlin, CC3  
Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und Kinderzahnmedizin  
Aßmannshauser Straße 4-6  
14197 Berlin  
E-Mail: christian.finke@charite.de

#### Information für die Teilnehmer(inne)n an der klinischen Studie:

#### Studie zur Versorgung kariöser Milchmolarenläsionen mit Kompomer- und/oder Kronenrestaurationen

##### Warum wurdest du ausgewählt?

Du bist zwischen 6 und 12 Jahren alt und Patient in der Zahnklinik bei Herrn Dr. Finke und hast mindestens eine Krone oder eine Füllung an einem der hinteren Zähne in deinem Mund.

##### Worum geht es bei der Studie?

Die hinteren Zähne in deinem Mund stehen ziemlich eng aneinander und werden manchmal nicht gut genug geputzt. Darum bekommen diese Zähne häufiger Löcher und müssen dann vom Zahnarzt repariert werden. Entweder bekommt der Zahn dann einen Aufsatz aus Metall (der Zahnarzt nennt das Krone) oder das Loch im Zahn wird mit einer besonderen Masse gefüllt (der Zahnarzt nennt das Füllung).

In unserer Studie wollen wir uns diese reparierten Zähne genau ansehen und untersuchen, wie gut und wie lange welche der beiden Reparaturen gehalten hat oder immer noch hält. Dazu ist ein einmaliger Termin nötig, an dem wir uns treffen.

##### Was passiert bei der Untersuchung und wie lange dauert sie?

Wir werden dir alle Schritte erklären und danach deine Zähne untersuchen. Natürlich kannst du uns jederzeit Fragen stellen. Wir gucken uns zuerst an, wie gut du deine Zähne putzt und ob dein Zahnfleisch in Ordnung ist. Danach werden deine Zähne sauber gemacht und mit einer Art Zahnpasta geputzt. Anschließend schauen wir uns jeden einzelnen Zahn in deinem Mund ganz genau an und notieren, falls uns etwas auffällt. Ganz zum Schluss nehmen wir deine Füllungen oder Kronen an den hintersten Zähnen unter die Lupe und gucken, wie gut die Reparaturen noch sind. Weil wir uns das alles für die spätere Auswertung merken müssen, schreiben wir uns während der Untersuchung einige Sachen auf. Darum dauert die ganze Untersuchung für dich ein wenig länger.

##### Tut die Untersuchung weh?

Nein. Die Untersuchung dauert bloß ein wenig länger als sonst, weil wir uns alle deine Zähne sehr gründlich anschauen und uns nebenbei einiges aufschreiben.

Warum solltest du bei der Untersuchung mitmachen?

Deine Zähne werden besonders gründlich untersucht. Falls irgendetwas nicht ganz in Ordnung ist, können wir es frühzeitig erkennen und etwas dagegen unternehmen.

Wann kommt es zu einem frühzeitigen Ende der Studie?

Manchmal ist es notwendig, eine Studie früher zu beenden als geplant. Hierfür gibt es verschiedene Gründe wie schlechte Zusammenarbeit oder wenn du oder deine Eltern die Einwilligung zurückziehen.

Musst du an der Studie teilnehmen?

Ob du bei dieser Studie mitmachen möchtest, kannst du zusammen mit deinen Eltern entscheiden. Niemand zwingt dich zur Teilnahme, sie ist freiwillig. Du kannst auch einfach Nein sagen. Auch bei der späteren Untersuchung kannst du jederzeit sagen, dass du nicht mehr an der Studie teilnehmen möchtest. Du musst keine Angst haben, dass jemand etwas macht, was du nicht möchtest.



---

**Hiermit erkläre ich, den/die Teilnehmer/in am ..... über Wesen, Bedeutung und Risiken der o. g. Studie mündlich und schriftlich aufgeklärt, alle Fragen beantwortet und ihm/ihr eine Kopie der Studieninformation und der Einwilligungserklärung übergeben habe.**

**Berlin, den**

.....  
Name

.....  
Unterschrift des/der aufklärenden Untersuchers/Untersucherin



-----  
 Intraorale Verweildauer:

|                               | 54 | 55 | 64 | 65 | 74 | 75 | 84 | 85 |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Eingliederungsdatum           |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Untersuchungsdatum            |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Verweildauer (in Mon.)</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |

-----  
 Füllungen/Kronen:

|                            | 54 | 55 | 64 | 65 | 74 | 75 | 84 | 85 |
|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Erst-/Nachbehandlung (E/F) |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Endo-Vorbehandlung (J/N)   |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Kavität (I/II)             |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Kompomer (D/T)             |    |    |    |    |    |    |    |    |

E = Erstbehandlung, F = Nachbehandlung, J = ja, N = nein, D = Dyract AP, T = Twinky Star

-----  
 Optisch-taktile Diagnostik der Füllungen:

| Kriterien                | 54 | 55 | 64 | 65 | 74 | 75 | 84 | 85 |
|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Randspalt*               |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Integrität der Füllung** |    |    |    |    |    |    |    |    |

A = klinisch ideal, C = klinisch inakzeptabel

\*Randspalt inkl. Übergang Füllung/Zahn, positive/negative Stufe, Über-/Unterkontur \*\* Integrität der Füllung inkl. Risse, Absplitterungen, Frakturen

-----  
 Optisch-taktile Diagnostik der Kronen:

| Kriterien                 | 54 | 55 | 64 | 65 | 74 | 75 | 84 | 85 |
|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Perforierte Okklusalfäche |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Mängel am Rand*           |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Zustand der Gingiva**     |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Fistelbildung             |    |    |    |    |    |    |    |    |

A = klinisch ideal, C = klinisch inakzeptabel

\* Mängel am Rand inkl. zu kurzer/zu langer/überstehender Rand und frei liegende Wurzeloberfläche, \*\* Zustand der Gingiva inkl. Papillen (m/d) und Zementreste

-----  
 Röntgen-Befund :

10.6.1 ICDAS-Befund

ICDAS-Befund

|    | 16 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | Q1                      | Q2                      | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 26 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 46 |    | 85 | 84 | 83 | 82 | 81 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | Q4                      | Q3                      | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 36 |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | B<br>L<br>D<br>M<br>O/I | B<br>L<br>D<br>M<br>O/I |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

1. Feld (grau) ICDAS-Versorgungscodes

- 0 = keine Versorgung
- 1 = partielle Versiegelung
- 2 = volle Versiegelung
- 3 = zahnfarbene Füllung
- 4 = Amalgam-Füllung
- 5 = Stahlkrone
- 7 = frakturerte/verlorene Restauration
- 8 = provisorische Versorgung

2. Feld (weiß) ICDAS-Kariescode

- 0 = gesunde Oberfläche
- 1 = Erste sichtbare Schmelzveränderung am getrockneten Zahn
- 2 = Deutliche Schmelzveränderung, auch am feuchten Zahn sichtbar
- 3 = Schmelzbruchverfärbte Fissur
- 4 = Schattenbildung ausgehend von kariösem Dentin
- 5 = Deutliche Kavität, Dentin sichtbar
- 6 = Großflächige Kavität > 1/2 Zahn, Dentin sichtbar

## 11 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Lara S. Heuer, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Die Versorgung kariöser Milchmolarenläsionen mit Kompomer- und Kronenrestaurationen“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE - [www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Grafiken und Tabellen) entsprechen den URM (s. o.) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Ort, Datum: \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_

## **12 Curriculum Vitae**

"Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht."

## 13 Danksagung

Herrn Prof. Dr. Paul-Georg Jost-Brinkmann möchte ich für die Überlassung des Themas und für die stets professionelle Unterstützung im Zuge der Entstehung dieser Arbeit danken.

Herrn Dr. Christian H. Finke danke ich außerordentlich herzlich für die wunderbare Zusammenarbeit und Betreuung sowie für die fortwährenden Gespräche. Sein Engagement, trotz vieler weiterer Verpflichtungen, hat mir bei der Anfertigung dieser Dissertation sehr geholfen und das gemeinschaftliche Arbeiten hat (nicht nur) mein wissenschaftliches Denken nachhaltig geprägt.

Herrn PD Dr. Dr. Werner Hopfenmüller danke ich vielmals für die professionelle Beratung und Unterstützung bei der Umsetzung der statistischen Auswertung der Daten.

Frau Prof. Dr. Anahita Jablonski-Momeni gilt mein herzlichster Dank bezüglich Ihres Engagements bei der ICDAS-Kalibrierung.

Herrn Dr. Frank Emde von der Firma KaVo danke ich für die stets freundliche Beratung hinsichtlich aller Fragestellungen zum Umgang mit der DIAGNOcam.

Katrin Hoffmann, Janina Bernt und Karim El Hennawy danke ich sehr herzlich für die kompetente Hilfe bei der Nachuntersuchung der Patienten sowie bei der Befunddokumentation.

Meiner Familie und Daniel möchte ich ganz besonders für ihre Liebe und grenzenlose Unterstützung in jeglicher Hinsicht danken. Ohne sie wären weder das Studium noch diese Dissertation möglich geworden.