

# **Glasionomerzemente**

von Dr. Roland Frankenberger und Dr. Norbert Krämer, Erlangen

## **Inhalt**

- 1 Einleitung
- 2 Konventionelle Glasionomerzemente (GIZ)
- 3 Metallverstärkte Glasionomerzemente (MGIZ)
- 4 Kunststoffmodifizierte Glasionomerzemente (KGIZ)
- 5 Hochvisköse Glasionomerzemente (HGIZ)
- 6 Anwendung in bleibender Dentition
- 7 Anwendung im Milchgebiss
- 8 Diskussion und Zusammenfassung
- 9 Literatur

*Quelle:*

*Der Beitrag erschien in: Wolfgang-M. Boer (Hrsg.): Metallfreie Restaurationen, Band 1, Teil 4, Spitta Verlag, Balingen 1999*

# 1 Einleitung

Seit mehr als zwei Jahrzehnten werden Glasionomerezemente (GIZ) klinisch eingesetzt. Verglichen mit der viel versprechenden Ausgangsposition am Ende der 70er Jahre ist diese Materialgruppe durch die rasante Weiterentwicklung auf dem Sektor der metallfreien Restaurationen weitgehend in den Hintergrund gerückt. Die anfänglich (zu) hohen Erwartungen an eine damals innovative Füllungstechnologie konnten retrospektiv nicht erfüllt werden [5, 12, 17, 33, 43]. Trotzdem verarbeitet praktisch jeder Zahnarzt heute routinemäßig unterschiedliche Arten von GIZ in der täglichen Füllungstherapie. Die Absatzzahlen der GIZ, welche in den letzten Jahren konstant waren, spiegeln diesen Trend wider [42].

## **GIZ sind kein Amalgamersatz**

Nachdem immer weniger Amalgam in Deutschland eingesetzt wurde, boten sich die GIZ aufgrund ihrer einfachen Verarbeitung als willkommene Alternative [5, 6, 16, 37] an. Obwohl heute GIZ als Amalgamersatz wissenschaftlich nicht haltbar sind [5, 38, 40, 55, 57, 59, 63], bieten sich im Zeitalter der Komposite und Kompomere immer noch sinnvolle Indikationen für GIZ [58].

## **Anwendungsgebiete**

GIZ sind aufgrund ihrer unbefriedigenden Ästhetik durch die Einführung der Kompomere seit 1994 weitgehend aus der Indikation für Black-V-Restaurationen verdrängt worden. Trotzdem kann beispielsweise im kariesaktiven Gebiss erfolgreich auf sie zurückgegriffen werden [21, 27, 40]. Ebenso haben GIZ in der Füllungstherapie des Milchgebisses einen angestammten Platz, hierbei haben sich in der Handhabung vor allem hochvisköse GIZ bewährt [12, 28, 34, 47]. Durch die Einführung der kunststoffmodifizierten GIZ konnte der Aushärtungsmodus besser gesteuert werden [2, 3, 29, 48, 67].

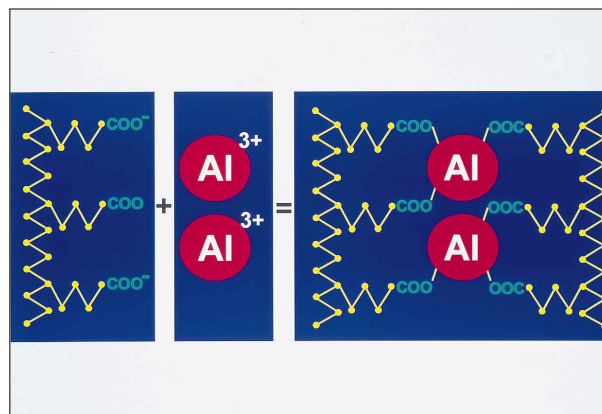
Das Haupteinsatzgebiet der GIZ stellt heute die semipermanente Versorgung in beiden Dentitionen dar, für die Länder der Dritten Welt jedoch bleiben die GIZ das Füllungsmaterial der Wahl [34, 39, 45, 57, 59].

Sowohl die konventionellen als auch die lichthärtenden GIZ erfreuen sich in der Indikation als Befestigungszemente wachsender Beliebtheit [4, 19, 68]. Insgesamt gesehen kommt diese noch immer etablierte Materialgruppe jedoch weniger zum Einsatz.

## 2 Konventionelle Glasionomerzemente (GIZ)

Die chemischen Grundlagen der GIZ (oder Polyalkenoatzementen; z. B. Ketac® Fil, Fa. ESPE, Fuji II, Fa. GC, Aqua Ionofil, Fa. Voco) sind, vereinfacht dargestellt, folgende: Calcium-Aluminium-Fluoro-Silicatgläser reagieren mit Polyacrylsäure, wobei diese Säure-Base-Reaktion sowohl feuchtigkeits- (Ionenausschwemmung) als auch austrocknungsempfindlich (Wasserverlust) ist [30, 53, 66].

Charakteristisch ist das Auftreten zweier Härtungsphasen, wobei sich in der ersten Phase (nach zirka zehn Minuten) durch Ionisierung das instabile, sehr feuchtigkeitsempfindliche Calciumpolycarboxylat bildet (erste Gelbildung). Nach 24 Stunden endet die zweite Phase mit der Synthese eines dreidimensionalen, räumlich vernetzten und damit auch stabileren Aluminium-Polycarboxylatkomplexes (siehe Abbildung 1). Aufgrund der polyfunktionalen Natur der verwendeten Säuren entsteht ein insgesamt stark vernetztes Gebilde [33, 66].



**Abb. 1:**  
Klassische  
Glasionomerreaktion

### Vorteile

Als vorteilhaft wurde bei der Einführung der GIZ die chemische Haftung den Zahnhartsubstanzen gesehen [76]. Hierbei bindet die Copolymer-säure durch Ionen- und Wasserstoffbrückenbindung an den Hydroxylapatit. Im Vergleich zur modernen Adhäsivtechnik jedoch ist die GIZ-Haftung an Schmelz und Dentin als geringer einzuschätzen [47, 52, 75].

Neben der günstigen Wärmeausdehnung wird die im Vergleich zu anderen Füllungswerkstoffen hohe Fluoridabgabe als weiterer Vorteil der GIZ beurteilt [1, 11, 23, 24, 25, 26, 31, 74]. So zeigte sich in klinisch kontrollierten Studien bei GIZ-Füllungen wenig Sekundärkaries [40, 54], die Fluoridabgabe nimmt jedoch mit der Dauer der klinischen Trageperiode

innerhalb der ersten Wochen kontinuierlich ab [1, 14, 21, 72], wenn nicht durch exogene Fluoridzufuhr das »Akku«-Phänomen ausgenutzt wird, in dessen Rahmen eine Absorption von Fluorid aus Pasten oder Gelen erfolgt, nach der wieder vermehrt Fluorid an die Füllungsperipherie abgegeben wird [23, 26, 32]. Ein durch die Fluoridabgabe möglicher Effekt für den an die GIZ-Restaurations grenzenden Nachbarzahn ist jedoch nicht vollständig geklärt [12, 35, 62]. Schließlich wird die im Vergleich zur Adhäsivtechnik schnelle Applikation vor allem in der Kinderzahnheilkunde als entscheidender Vorteil der GIZ gesehen.

### **Nachteile**

Hauptnachteil der GIZ ist die geringe Toleranz gegenüber Feuchtigkeit und Austrocknung vor dem Abschluss der zweiten Härtingsphase [8, 9, 15, 70]. Dieses Problem kann durch das Abdecken des konventionellen GIZ mit einem Bonding Agent oder GIZ-Lack (z.B. Ketac® Glaze, Fa. ESPE; Final Varnish LC, Fa. Voco) direkt nach der Applikation umgangen werden [8].

Das birgt die Problematik, dass im Falle einer okklusalen Rekonstruktion rotierende Maßnahmen zum Adjustieren von zentrischer und dynamischer Okklusion theoretisch unmöglich sind. In der täglichen Praxis ist es jedoch üblich, dass aufgrund der kurzen, nicht steuerbaren Abbindedauer meist leicht überschüssig appliziert und dann doch rotierend eingeschliffen wird. Für die Hauptindikation in der semipermanenten Versorgung spielt diese Problematik jedoch eine untergeordnete Rolle. Vielmehr gilt die geringe Biegefestigkeit der GIZ (15 bis 20 MPa, Komposite zirka 100 MPa) als wichtigster limitierender Faktor für die permanente Seitenzahnversorgung in der zweiten Dentition [47, 71, 79, 81]. Durch diese Charakteristik entstehen klinisch vor allem Probleme in der Black-Klasse II, da durch die geringe Biegefestigkeit Frakturen am Isthmus und im marginalen Bereich klinisch zu häufig Vorschub geleistet wurde [40, 43].

Bei der ersten Darreichungsform als Handmischvariante wurde als negativ berichtet, dass schon geringfügige Abweichungen bei der manuellen Dosierung die mechanischen Eigenschaften erheblich verschlechterten [22, 47]. Dieser Malus konnte jedoch durch Kapselpräparate mit dem Effekt einer geringeren Streuung bei der Evaluation werkstoffkundlicher Parameter ausgeglichen werden.

Ebenso wie die Biegefestigkeit wird auch die Abrasionsresistenz der GIZ deutlich geringer als die der Komposite beurteilt [3, 50, 61], was eine Indikation für die permanente Klasse-II-Versorgung ebenfalls in Frage stellt.

Schließlich haben Alternativmaterialien und hier vor allem die Kompomere zumindest im sichtbaren Bereich die Aufgabe der GIZ übernommen,

da die Opazität beispielsweise im Vergleich zu den Feinpartikelhybridkompositen zu einer eher unbefriedigenden Ästhetik führt. Die Größe und die Form der Partikel sind ebenso wie beim Anmischvorgang produzierte Lufteinschlüsse für die relativ raue Oberfläche und schlechte Polierbarkeit der GIZ verantwortlich.

Die Frage der Pulpaverträglichkeit ist heute nicht eindeutig geklärt, da hierzu unterschiedliche Berichte vorliegen [34, 60]. Im Vergleich zu Phosphatzement ist bei den GIZ durch die fehlende bakterizide Wirkung eine gründliche Kavitätdesinfektion erforderlich [65]. Wegen der teilweise postulierten Pulpatoxizität wird in pulpanahen Bereichen (»Caries profunda«) die punktuelle Applikation calciumhydroxidhaltiger Präparate vorgeschlagen [60].

Trotz dieser Diskussion nehmen die GIZ als Unterfüllungsmaterial einen wichtigen klinischen Platz ein [7, 52]. Auf die Indikation der Unterfüllung soll im Rahmen dieses Beitrages jedoch nicht näher eingegangen werden.

Aufgrund der aufgeführten viel versprechenden Vorteile und vor allem wegen der langen Liste an klinisch folgenschweren Nachteilen der GIZ setzte bald nach der Markteinführung ein Trend zu Verbesserungen ein.

### **3 Metallverstärkte Glasionomercemente (MGIZ)**

Mitte der 80er Jahre erfolgte die Markteinführung der so genannten metallverstärkten GIZ (MGIZ) oder Cermet-Zemente (z.B. Ketac® Silver, Fa. ESPE, Seefeld; Alpha® Silver, Fa. DMG, Hamburg) [51]. Technologisch bedeutet dies eine durch hohe Temperaturen bedingte Koppelung von Metall (Silber oder Gold) an das Glas des GIZ.

#### **Eigenschaften**

Der Anwendungsbereich der MGIZ war aus ästhetischen Gründen immer ausschließlich auf den Seitenzahnbereich limitiert. In kommerzieller Hinsicht erwies sich hierbei der den Anschein der Amalgamnachfolgetechnologie erweckende Zusatz von Silber als günstig. Der Silberanteil innerhalb des Pulvers beträgt etwa 40 Gewichtsprozent (wie z.B. in Ketac® Silver, Fa. ESPE). Dieses modifizierte Pulver zeigt mit dem Pulver der konventionellen GIZ vergleichbare Eigenschaften. Die als typisch empfundene graue Farbe des Materials jedoch ist lediglich durch das Titanoxid bedingt [51].

Alle allgemeinen Verarbeitungsmodalitäten wie Präparationsrichtlinien, Darreichungsform oder Verarbeitungszeit unterscheiden sich bei den MGIZ nicht von den konventionellen GIZ.

Die Fluoridabgabe wird bei MGIZ im Vergleich zu der konventionellen Variante ungünstiger beurteilt [21, 75].

#### **Keine Verbesserung werkstoffkundlicher Parameter**

Eine im Zuge der beschriebenen Modifikation erhoffte Steigerung werkstoffkundlicher Parameter wie Abrasionsresistenz und Biegefestigkeit konnten in präklinischen wie klinischen Studien nicht bestätigt werden [50, 51, 78, 81].

Da auch Ermüdungsphänomene bei der Evaluation der Frakturresistenz als Simulation einer klinischen Dauerbelastung von Interesse sind [40, 71], wurden diese bei In-vitro-Tests ebenso berücksichtigt wie abrasive Prozesse. Bei all diesen Untersuchungen stellte sich jedoch heraus, dass die eingesinterten Metallpartikel der MGIZ keine Verbesserungen werkstoffkundlicher Parameter mit sich brachten [22, 59, 71].

Eine prospektive klinische Studie mit dem MGIZ Ketac® Silver konnte die in vitro gewonnenen Erfahrungen in vivo verifizieren [33]. Auch hier zeigte sich, dass die Abrasionsresistenz nicht zufriedenstellend war und dass vor allem in Kavitäten der Black-Klasse II aufgrund der geringen Biegefestigkeit gehäuft Isthmusfrakturen und marginale Aussprengungen zu beobachten waren [34].

## 4 Kunststoffmodifizierte Glasionomere (KGIZ)

Um die nicht steuerbare und vielfach als zu kurz eingeschätzte Verarbeitungszeit zu verlängern, wurden gegen Ende der 80er Jahre Methacrylatgruppen an die Polyacrylsäuren der konventionellen GIZ angefügt, wodurch eine initiale Photopolymerisation und damit eine längere Verarbeitungszeit erreicht wurde.

Hauptbestandteile dieser kunststoffmodifizierten GIZ (KGIZ) sind die methacrylierte Polyacrylsäure, ein photopolymerisierbares Monomer, meist HEMA (**H**ydroxy-**E**thyl-**M**ethacrylat), ionisierbare Gläser und Wasser [3, 44]. Nach dem Anmischen beider Komponenten zieht die Lichtaktivierung eine Polymerisation der Methacrylatgruppe mit HEMA, eine Eigenpolymerisation von HEMA oder eine Eigenpolymerisation der reaktionsfähigen Methacrylat-Seitenkette nach sich.

Nach der Lichthärtung läuft bei diesen Zweikomponentenmaterialien wie bei den konventionellen GIZ eine Säure-Base-Reaktion ab. Neben der günstigeren Abbindegeschwindigkeit ist die erhöhte Biegefestigkeit als Vorteil zu nennen [77]. Dies ist auf die Photopolymerisation zurückzuführen, die eine schnelle Synthese eines stabilen Gefüges bewirkt.

Charakteristische Repräsentanten dieser Werkstoffgruppe sind Photac® Fil Quick (Fa. ESPE), Vitremer® (Fa. 3M Dental Products, St. Paul, USA) und Fuji® II LC (Fa. GC, B-Leuven).

Die für GIZ charakteristische Säure-Base-Reaktion zeigt durch eine teilweise beobachtete Substitution von Wasser durch wasserlösliche Monomere einen im Vergleich zur geschilderten Photopolymerisation wesentlich langsameren Verlauf. Durch zu wenig Wasser in diesem System ist es sogar möglich, dass die eigentlich für die Charakteristik geforderte Salzreaktion nicht mehr vonstatten gehen kann, wie dies von den Produkten Geristore® (Fa. Den-Mat, Santa Maria, USA) und Variglass® (Fa. Dentsply, Milford, USA) bekannt ist [53], weshalb diese Produkte einer anderen Materialklasse zugeordnet werden müssten.

Polymerisierter KGIZ weist immer zwei Matrixsysteme auf, eine durch die Säure-Base-Reaktion entstandene ionische und die Kunststoffmatrix. Bei einem KGIZ laufen also immer beide Chemismen nebeneinander ab mit der Folge, dass die Säure-Base-Reaktion auch ohne separate Lichtpolymerisation zum Erstarren des KGIZ führt [56].

### **Eigenschaften**

In praktischer Hinsicht bietet bei den KGIZ der steuerbare Aushärtemodus Vorteile. Durch die systemimmanente Photopolymerisation wurde auch die Toleranz gegenüber Feuchtigkeitsveränderungen nach dem Legen erfreulich reduziert [9], was Applikation und Ausarbeiten der Restauration innerhalb einer Sitzung ermöglichte. Auch die Schmelz- und Dentinhaftung der KGIZ wird nach produktspezifischer Vorbehandlung z.B. mit einem entsprechenden Primer (3M) oder Conditioner (GC) ebenfalls günstiger gesehen als die der konventionellen GIZ [10, 18, 49, 52, 56].

Die Fluoridabgabe als *Conditio sine qua non* für die Einordnung in die Werkstoffgruppe der GIZ ist mit den konventionellen GIZ vergleichbar [1, 26], auch hier wird ein Aufladeeffekt beispielsweise durch Gele beschrieben [67].

Die Biegefestigkeit wird im Vergleich zu den konventionellen GIZ zwar etwa doppelt so hoch eingeschätzt, bleibt aber um den Faktor zwei geringer als die der Komposite [3, 47, 52].

Eines der Hauptprobleme der KGIZ ist die als zu rau empfundene Oberfläche, welche durch die Größe der Füllkörper (bis 20  $\mu\text{m}$ ) hervorgerufen wird [36, 64, 73]. Die Füllerdimensionierung und der mangelnde Verbund innerhalb des beschriebenen vernetzten Gefüges ziehen massive Probleme bei der Abrasionsresistenz nach sich [61].

Die zuletzt beschriebenen Phänomene lassen auch die KGIZ als Weiterentwicklung der konventionellen GIZ nicht für die Indikation als permanentes Füllungsmaterial im Seitenzahnbereich zu. Durch die Einführung der Kompomere ist der Einsatzbereich der KGIZ heute fast ausschließlich auf die Milchzahnfüllungstherapie und das Befestigen indirekter Restaurationen limitiert.



## 5 Hochvisköse Glasionomerezemente (HGIZ)

Mitte der 90er Jahre bekam die Entwicklung auf dem Sektor der Glasionomerezemente mit der Vorstellung der hochviskösen (HGIZ) oder stopfbaren GIZ einen vorerst letzten Schub.

Diese GIZ-Klasse wurde in erster Linie für die ART-Technik (= **A**traumatic **R**estorative **T**reatment) konzipiert, also das Exkavieren und Füllen von Zähnen ohne Elektrizität und differenzierte instrumentelle Möglichkeiten beispielsweise innerhalb von zahnärztlichen Programmen in Entwicklungsländern.

Eigens für diese Indikation wurden spezielle GIZ entwickelt (z. B. Fuji® IX, Fa. GC), welche analog zu ihrem Indikationsspektrum vor allem durch einfaches Handling charakterisiert sein müssen. Dies bedeutet immer, dass es sich um Handmischpräparate mit hoher Viskosität handelt, welche mit der Fingerbeere in die mit Handinstrumenten »präparierte« Kavität gestopft werden, weshalb diese Materialgruppe auch als »stopfbare« GIZ bezeichnet wird [46].

Die im Vergleich zu den konventionellen GIZ höhere Zähigkeit wird neben der feineren Körnung auf das Beimischen von Polyacrylsäure ins Pulver zurückgeführt. Der Abbindemodus wurde im Vergleich zu den konventionellen GIZ nicht verändert.

Ebenso wie bei den klassischen GIZ sind auch hier metallfreie (Ionofil® Molar, Fa. Voco, Cuxhaven; Fuji® IX, Fa. GC; Ketac® Molar, Fa. ESPE) und metallhaltige (Hi-Dense®, Fa. Shofu) Präparate zu finden. Das Pulver der metallverstärkten HGIZ wird durch eine Addition von Metallspänen einer Legierung aus Silber, Zinn und Kupfer (18 Gewichtsprozent) sowie Titandioxid (4 Gewichtsprozent) hergestellt.

Das im Vergleich zu allen anderen GIZ-Sparten am ehesten »amalgam-ähnliche« Verhalten dieser GIZ-Gruppe macht die HGIZ für Milchmolarenfüllungen oder semipermanente Seitenzahnversorgungen attraktiv. Vor allem in Anbetracht der oft suboptimalen Compliance kleiner Patienten ist dieser Handlingvorteil von Bedeutung für die Kinderzahnheilkunde.

In vitro konnte eine im Vergleich zu den konventionellen GIZ erhöhte Abra-sionsbeständigkeit der HGIZ detektiert werden [5, 41], was primär auf die geringere Korngröße (Ketac® Silver 14µm, Ketac® Molar 2,7 µm) mit einer besseren Verteilung in der Matrix zurückgeführt wird. In diesem Zusammenhang wurde angenommen, dass das günstigere Verhältnis von Partikeloberfläche und Gesamtvolumen die Reaktivität von Glas und Polyacrylsäure günstig verändert [30].

Die von manchen Herstellern postulierte bessere Biegefestigkeit von HGIZ im Vergleich zu den klassischen GIZ oder MGIZ war anhand eines Vergleichs des HGIZ Hi-Dense® (Fa. Shofu) mit dem MGIZ Ketac® Silver (Fa. ESPE) nicht nachvollziehbar.

So konnte auch eine klinische Studie aus unserer Klinik mit HGIZ-Milchmolaren-Restaurationen aus Hi-Dense® die hohen Erwartungen nicht bestätigen. Hier offenbarte sich in Analogie zu der oben genannten klinischen Studie mit Ketac® Silver die auch bei den HGIZ nicht zufriedenstellende Biegefestigkeit und Kantenfestigkeit in Form von Isthmusfrakturen bei Restaurationen der Black-Klasse II [43].

## 6 Anwendung in bleibender Dentition

Die **Indikationen** für Glasionomerzemente in der zweiten Dentition sind als Synopsis in Tabelle 1 zusammengefasst.

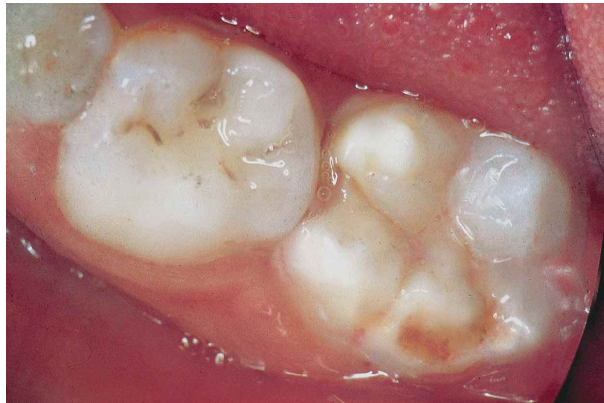
| Black-Klasse | I    | II   | III  | IV | V   | Befestigen |
|--------------|------|------|------|----|-----|------------|
| GIZ          |      |      |      |    | (x) | x          |
| MGIZ         | semi | semi |      |    |     |            |
| KGIZ         |      |      | semi |    | (x) | x          |
| HGIZ         | semi | semi |      |    |     |            |

**Tab. 1:** Indikationen für GIZ in der zweiten Dentition  
(X = Routine; (X) = altera ratio; semi = semipermanent)

Die Übersicht zeigt, dass in der bleibenden Dentition die Indikation für Glasionomerzemente heute fast ausschließlich auf die provisorische oder maximal semipermanente Versorgung limitiert ist. Für Restaurationen im sichtbaren Bereich scheiden die GIZ wegen ihrer schlechten Ästhetik aus, in der Black-Klasse V kann im kariesaktiven Gebiss bei geringen zahnfarbenen Ansprüchen des Patienten auf die hohe Fluoridabgabe der GIZ oder KGIZ vertraut werden. Auch durch die Veränderung der Alterspyramide bekommen GIZ mehr Gewicht. So bieten sie sich für die Behandlung von Wurzelkaries beim älteren Patienten an.

In der Kinderzahnheilkunde ist der Zahnarzt jedoch teilweise auf semipermanente Alternativmaterialien angewiesen, um kritische Perioden von einem bis zu mehreren Jahren überbrücken zu können, bis eine komplizierte und haltbare plastische Füllung möglich ist. So haben beispielsweise Füllungen bei Kindern und Jugendlichen unter 16 Jahren eine wesentlich ungünstigere Prognose als bei Personen über 16 Jahren.

Doch oft ist bereits kurz nach dem Durchbruch der Molaren akuter Behandlungsbedarf angezeigt, nämlich dann, wenn die Fissur der Zähne kariös verfärbt ist und der klinische Befund eine rasche Kariesprogression vermuten lässt (siehe Abbildung 2). In solchen Fällen ist die Kofferdamapplikation mangels unter sich gehender Areale meist unmöglich, und/oder die distale Gingivakapuze vereitelt das absolute Trockenlegen a priori. Hier kann mit der einfachen Applikation von GIZ unter relativer Trockenlegung ein zufrieden stellendes Resultat erzielt werden, welches als semipermanente Therapievariante die Zeit bis zur möglichen Kofferdamapplikation effektiv zu überbrücken vermag (siehe Abbildung 3).



**Abb. 2:**  
Zahn 36 im Durchbruch:  
Behandlungsbedarf ohne  
Möglichkeit der  
Kofferdamapplikation



**Abb. 3:**  
Unter den Bedingungen von  
Abbildung 2 therapierte,  
frühe kariöse Läsion

Da solche Situationen in der Kinderzahnheilkunde Routine sind, werden auch Werkstoffe benötigt, die wenigstens für einen gewissen Zeitraum eine zufrieden stellende Versorgung gewährleisten können. Insofern haben auch die Anforderungen an das Verschleißverhalten eine weit geringere klinische Bedeutung wie bei permanenten Restaurationen in der zweiten Dentition, ein akzeptables Rand- und Frakturverhalten sollte aber während der (limitierten) Liegedauer Voraussetzung sein.

In diesem Zusammenhang sind Füllungsmaterialien mit antikariogenen Eigenschaften, wie die fluoridfreisetzenden GIZ, interessant [16, 54, 55, 63, 80].

Im Frontzahnbereich kann, ebenfalls als semipermanente Versorgung, bei Black-III-Kavitäten auf KGIZ zurückgegriffen werden, durch die Opazität des Materials ist die Ästhetik jedoch eingeschränkt, wie die klinische Black-V-Situation belegt (siehe Abbildung 4) [15, 36].

**Abb. 4:**  
Zahnnecksfüllung aus KGIZ  
(hier Photac® Fil Quick,  
Fa. ESPE)



Zur Eignung als Füllungsmaterial im Seitenzahnbereich in Kavitäten der Black-Klassen I und II liegen für MGIZ und HGIZ längerfristige Resultate aus eigenen klinischen Studien vor.

### **Black-Klasse II**

So zeigten dokumentierte Erfahrungen mit Ketac® Silver vor allem bei Klasse-II-Restaurationen gehäuft Frakturen (siehe Abbildung 5) [40]. Der Vergleich einer Ketac®-Silver-Restauration nach dem Legen und nach fünf Jahren belegt die mangelnde Abrasionsresistenz auch im approximalen Bereich, da der Nachbarzahn in die Füllung mesialisierte (siehe Abbildung 6)

**Abb. 5:**  
MGIZ-Füllungen (hier:  
Ketac® Silver, Fa. ESPE)  
nach drei Jahren





**Abb. 6:**  
MGIZ-Restauration nach dem Legen (oben) und nach fünf Jahren (unten)

Auch das klinische Beispiel einer semipermanenten Klasse-II-Versorgung mit dem neueren Material Hi-Dense® (Fa. Shofu) zeigt den Verlust der anatomischen Form aufgrund geringer Abrasionsresistenz und Kantfestigkeit deutlich auf (siehe Abbildung 7).



**Abb. 7:**  
Semipermanente Versorgung zweier Prämolaren mit Hi-Dense® (Fa. Shofu) nach zwei Jahren

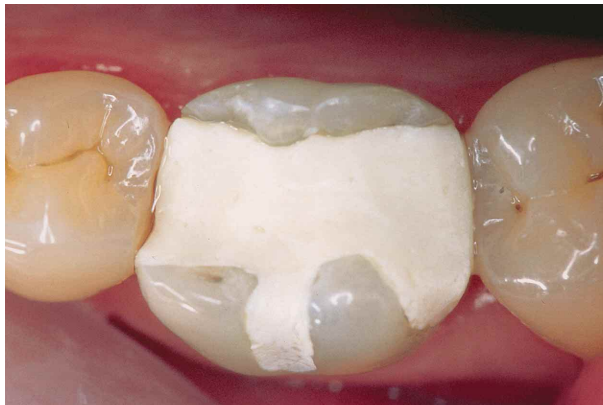
Eigene Einjahresresultate einer aktuellen prospektiven klinischen Langzeitstudie mit dem HGIZ Ketac® Molar (Fa. ESPE) offenbaren bereits ähnliche Tendenzen, welche auch für aktuelle Neuentwicklungen wie Ketac® Molar eine Indikationserweiterung auf die permanente Versorgung im Seitenzahnbereich nicht gestatten [39]. Das klinische Erscheinungsbild zeigt eine charakteristische Isthmusfraktur (siehe Abbildung 8) und marginale Ausbrüche (siehe Abbildung 9). Auch in diesen Bildern ist die mangelnde Kanten- und Biegefestigkeit anhand der innerhalb des ersten Jahres aufgetretenen Ereignisse dokumentiert.



**Abb. 8:**  
Semipermanente  
Restauration an einem  
Molaren mit Isthmusfraktur  
nach sechs Monaten



**Abb. 9:**  
Semipermanente  
Restauration nach sechs  
Monaten mit deutlichen  
marginalen Imperfektionen

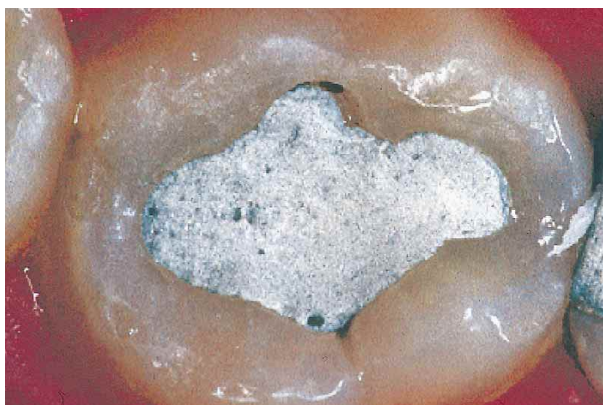


### **Black-Klasse-I**

Weniger problematisch stellen sich Black-I-Versorgungen dar, aber bei ausgedehnteren Kavitäten (siehe Abbildung 10) macht sich auch hier das werkstoffkundliche Profil in Form von negativen Stufen und Oberflächenrauheiten bemerkbar. In minimalinvasiv präparierten Kavitäten können GIZ-Restaurationen auch in Klasse-II-Situationen bei hauptsächlich antagonistischer Belastung auf der Zahnhartsubstanz länger überleben, wie die acht Jahre alte Füllung in Abbildung 11 zeigt.

Black-Klasse I  
weniger problematisch  
(Oberflächenrauheiten,  
negative  
Stufen)

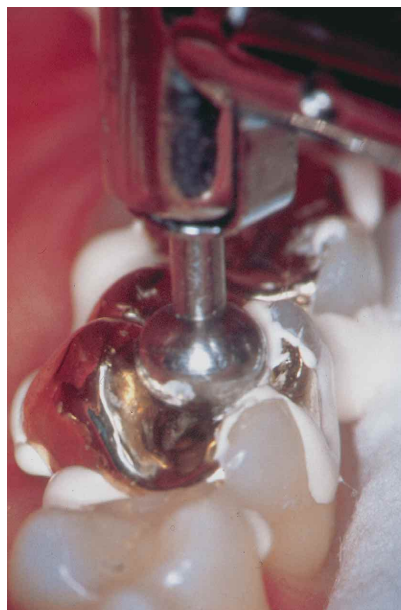
**Abb. 10:**  
Black-I-Versorgung mit  
Ketac® Silver nach fünf  
Jahren, charakterisiert  
durch Abrasion und  
Oberflächenrauigkeit





**Abb. 11:**  
Intakte Black-II-Füllung  
(Ketac® Silver) nach acht  
Jahren

Ein Indikationsfeld wachsender Beliebtheit ist das Befestigen von indirekt hergestellten Restaurationen. Im Vergleich zum Befestigen mit Phosphatzement haben Kapselpräparate wie etwa Ketac® Cem (Fa. ESPE) den Vorteil, dass die Konsistenz des Zements immer gleich bleibt (siehe Abbildung 12).



**Abb. 12:**  
Befestigen einer Gußfüllung  
mit einem GIZ zum Zementieren  
indirekter Restaurationen  
(hier: Ketac® Cem,  
Fa. ESPE)

Des Weiteren wurde von besserer Retention der Befestigungs-GIZ sowohl initial als auch beim Rezementieren indirekter Restaurationen berichtet [4, 19]. Auch KGIZ wurden nach ihrer Marktvorstellung aufgrund der einfachen Handhabbarkeit bald auch als Befestigungsmedium angeboten (z.B. Fuji Duet®, Fa. GC; Advance®, Fa. Dentsply, Milford, USA).

Beim Zementieren von Vollkeramiksystemen jedoch wurde im Zusammenhang mit dieser Materialgruppe vereinzelt von Spontanfrakturen der Kronen berichtet, welche auf die hygroskopische Expansion dieser Materialien zurückgeführt wurden [69]. Wegen dieser Problematik wurde in



unserer Klinik eine In-vitro-Studie mit Vollkeramikronen aus IPS Empress durchgeführt.

Im Verlauf dieser Untersuchung wurde beobachtet, dass beim Einsatz von KGIZ (und Kompomeren) als Stumpfaufbau oder Befestigungszement bereits nach sechs Monaten Wasserlagerung ohne jegliche weitere mechanische oder thermische Belastung der Restaurationen Spontanfrakturen in Form von Rissbildungen in der Keramik auftraten [68]. Seither geben Hersteller wie z.B. die Fa. Vita Zahnfabrik die getesteten Materialien für das Befestigen auch hochfester vollkeramischer Kronen wie etwa In-Ceram® nicht mehr frei.

Neben dem Befestigen indirekter Restaurationen werden GIZ auch routinemäßig als Stumpfaufbauten verwendet [20, 68]. Hier empfiehlt es sich jedoch, vor der Stumpfpräparation beide Härtungsphasen der klassischen GIZ-Reaktion abzuwarten (>24 Stunden), da der GIZ direkt nach dem Legen oder Minuten später in der Regel zu wenig Widerstand für das Schleifinstrument bietet und folglich die Präzision der Präparation darunter leiden kann.

Für Stumpfaufbauten unter vollkeramischen Kronensystemen liegen aus oben genannter In-vitro-Studie lediglich Resultate für KGIZ vor, von denen auch in anderen Untersuchungen erhebliche hygroskopische Expansionen berichtet wurden [69]. Analog zu diesen Ergebnissen führte auch in unserer Studie die Stumpfreakonstruktion mit KGIZ zu Spontanfrakturen in IPS-Empress-Kronen [68].

Nur in Gruppen mit Stumpfaufbau und Befestigungsmedium aus Komposit sind nach mittlerweile zwei Jahren Lagerung alle Kronen intakt, weshalb aus Sicherheitsgründen in dieser speziellen Indikation ausschließlich auf Komposite zurückgegriffen werden sollte.

## 7 Anwendung im Milchgebiss

Gegenüber der bleibenden Dentition zeigt das Milchgebiss mehr Anwendungsgebiete für Glasionomerezemente (siehe Tabelle 2).

| Black-Klasse | I | II  | III | IV | V | Befestigen |
|--------------|---|-----|-----|----|---|------------|
| GIZ          | x | (x) |     |    |   | x          |
| MGIZ         | x | (x) |     |    |   |            |
| KGIZ         | x |     | x   |    |   | x          |
| HGIZ         | x | (x) |     |    |   |            |

**Tab. 2:** Indikationen für GIZ in der ersten Dentition  
(X = Routine; (X) = altera ratio; semi = semipermanent)

Bei der Füllungstherapie der ersten Dentition fällt auf, dass gerade hier ganz selbstverständlich Materialien für die Restauration angeboten werden, die in der bleibenden Dentition maximal als Langzeitprovisorium fungieren. Grund dafür ist die relativ kurze Verweildauer der Zähne.

In Analogie zur zweiten Dentition müssen Füllungswerkstoffe auch im Milchgebiss eine gewisse Abrasionsbeständigkeit aufweisen, da während der sogenannten Nutzphase vor der ersten physiologischen Bisshebung eine erhöhte Beanspruchung von Zahnhartsubstanz und Füllungsmaterial wahrscheinlich ist. Die absoluten Forderungen aber werden allgemein geringer als in der bleibenden Dentition eingestuft [81].

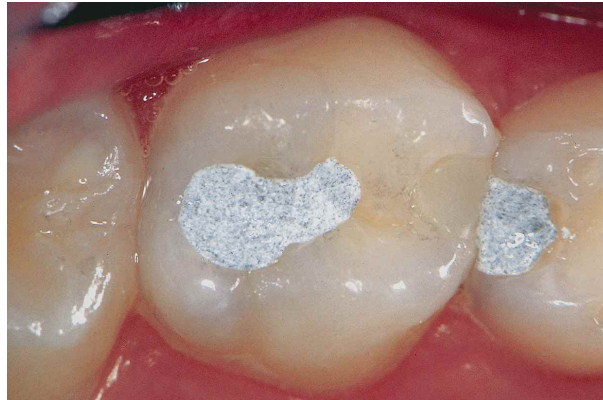
Der von der American Dental Association (ADA) vorgegebene Richtwert für Milchmolarenfüllungen jedoch beträgt  $50 \mu\text{m}$  Abrasion per annum, was in direkter Proportionalität zu der Empfehlung für Seitenzahnfüllungen in der bleibenden Dentition ( $250 \mu\text{m}$  in fünf Jahren) steht.

Im Milchgebiss stellen aber werkstoffkundliche Voraussetzungen nicht die einzige Anforderung dar. Vor dem Hintergrund einer oftmals mangelnden Kooperation der Kinder spielt daher auch das Handhaben der Materialien eine große Rolle. Und hier haben die GIZ durch die Vermeidung komplizierter Adhäsivschritte mit eventuell längeren Einwirkzeiten den entscheidenden Vorteil als permanente Versorgungsmöglichkeit vor allem für Milchmolaren.

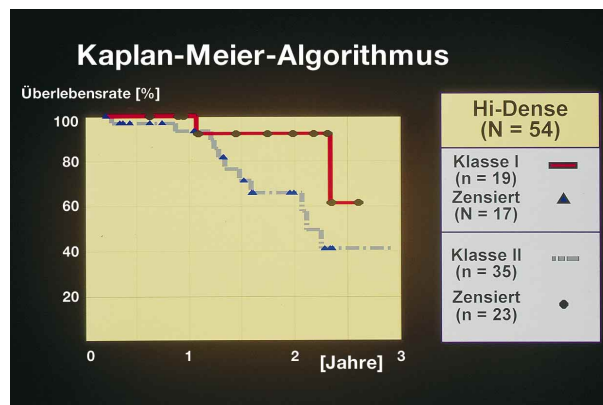
Aber auch in der ersten Dentition zeigten GIZ in diversen klinischen Studien wenig zufrieden stellende Resultate. Analog zu den Erfahrungen in der bleibenden Dentition offenbarten sich auch hier deutliche Grenzen für Kavitäten der Black-Klasse II, welche sich in Form von Isthmusfrakturen und marginalen Partialbrüchen äußerten.

Eine jüngst publizierte, kontrollierte prospektiv-klinische Studie mit dem HGIZ Hi-Dense® zeigte mit der Ketac®-Silver-Studie vergleichbare Resultate. Während nach zweieinhalb Jahren klinischer Beanspruchung noch 92 Prozent der einflächigen Füllungen (siehe Abbildung 13) in situ waren, mussten 58 Prozent der Klasse-II-Versorgungen aufgrund katastrophaler Frakturen ersetzt werden (siehe Kaplan-Meier-Statistik, Abbildung 14).

**Abb. 13:**  
Milchmolarenrestauration der Black-Klasse I nach zweieinhalb Jahren (hier: Hi-Dense®, Fa. Shofu)



**Abb. 14:**  
Kaplan-Meier-Überlebensanalyse von Hi-Dense®-Füllungen in Milchmolaren

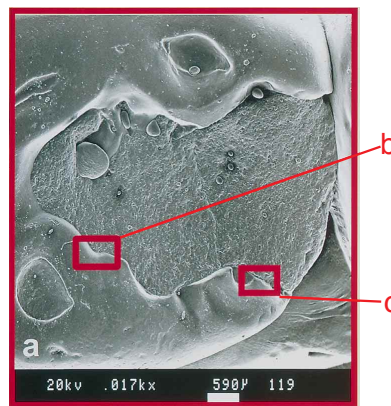


Wie Ermüdungsversuche mit verschiedenen GIZ offenbarten, ist die Dauerfestigkeit der GIZ (außer KGIZ) mit 10 bis 15 MPa wohl zu gering, um der Dauerbelastung einer Black-II-Restauration langfristig zu widerstehen [71].

Die rasterelektronenoptische Analyse einer charakteristischen zweiflächigen Hi-Dense®-Restauration zeigt deutlich die Frakturgeschichte dieser Füllung (siehe Abbildung 15). Bereits im Recall nach einem Jahr offenbarte sich eine Frakturlinie am Isthmus (siehe Abbildung 16a). Während nach zwölf Monaten im okklusalen Anteil der Füllung eine negative Stufenbildung aufgrund einer Abrasion zu beobachten war (siehe Abbildung 16b), zeichnete sich durch den evidenten Haftungsverlust im approximalen Sektor der Füllung ein Ablösen des HGIZ von der Kavitätenbegrenzung ab (siehe Abbildung 16c). Dieser führte schließlich zum Totalverlust des approximalen Füllungsanteils (siehe Abbildung 17).

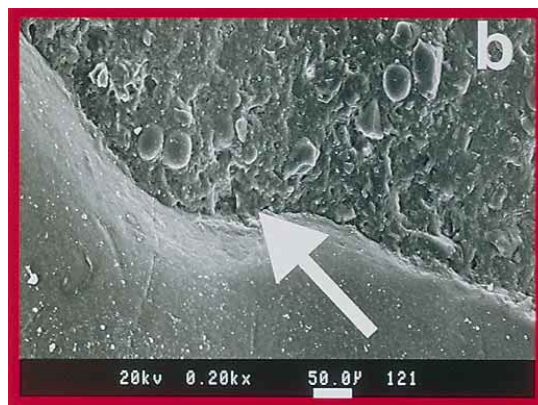


**Abb. 15:**  
Hi-Dense®-Füllung nach dem Legen

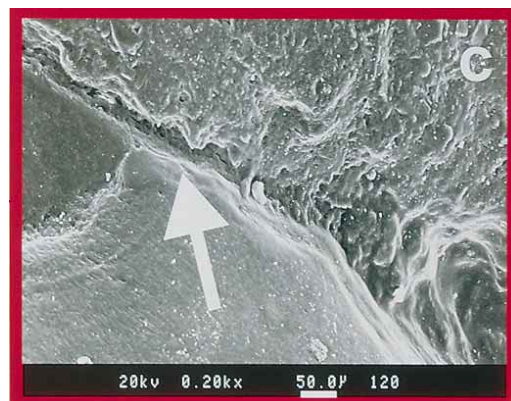


**Rasterelektronenmikroskopische Analyse des Replikas (Abb. 16a bis 16c)**

**Abb. 16a:**  
Überblick mit detektierbarer Frakturlinie am Isthmus



**Abb. 16b:**  
Negative Stufe im Okklusalebereich (Abrasion)



**Abb. 16c:**  
Adhäsionsverlust des MGIZ an den Zahnhartsubstanzen

**Abb. 17:**  
Komplette Fraktur des  
approximalen Kastenanteils



Trotzdem verwenden wir bei extrem behandlungsunwilligen kleinen Patienten, wenn bei der Therapie jede Sekunde »zählt«, fast routinemäßig hochvisköse Glasionomerezemente, da die einfache Applikation und Verarbeitung diese Materialgruppe förmlich »aufdrängt«.

Schließlich werden GIZ auch in der ersten Dentition routinemäßig als Befestigungszemente für konfektionierte Milchzahnkronen aus Edelstahl eingesetzt.

Aber auch im Milchgebiss stellt die provisorische und semipermanente Versorgungsvariante ein wichtiges Element der Füllungstherapie dar. Da die komplette Restauration einer kariösen Läsion in der Kinderzahnheilkunde oft gar nicht innerhalb einer Sitzung bewerkstelligt werden kann, bieten sich neben anderen Materialien (z.B. IRM = intermediate restorative material) auch hier die GIZ an. Auch kann man mit GIZ aller Klassen bei suboptimalen Behandlungsbedingungen einen Kompromiss eingehen bis das Kind zu einem späteren Zeitpunkt die notwendige Compliance für eine aufwendigere und bessere Versorgung aufbringt.

Die beobachtete Polarisierung kariöser Läsionen hat zur Folge, dass wenige Kinder viele und ausgedehnte kariöse Läsionen aufweisen. In diesen Fällen wäre oftmals bereits eine prothetische Versorgung der Zähne indiziert. In einigen Fällen wird die Therapie darüber hinaus durch eine geringe Mitarbeit der Patienten erschwert. Da diese kleinen Patienten erste und meist simultan negative Erfahrungen mit dem Zahnarzt oft erst im Not- oder Schmerzfall machen, ist die Compliance für aufwendigere Techniken als die Applikation von GIZ meist nicht gegeben.

## 8 Diskussion und Zusammenfassung

Die Beschreibung der Glasionomerzemente steht nicht im Einklang mit der modernen Vorstellung von ästhetischer Zahnheilkunde, welche die perfekte Simulation der Natur anstrebt. Eng ausgelegt ist dies mit GIZ sicherlich nicht möglich, aber trotz aller Nachteile konnten sich die GIZ nicht zuletzt durch ihre hervorragende Biokompatibilität seit ihrer Vorstellung vor 20 Jahren über diese Zeitspanne auf dem Markt behaupten.

Durch den Bedarf an zumindest mittelfristig haltbaren semipermanenten Versorgungungen und durch die sich von der bleibenden Dentition unterscheidenden Anforderungen in der Kinderzahnheilkunde war für diese Materialgruppe immer Bedarf.

Nachdem in den letzten Jahren immer mehr Zahnärzte Abschied vom Amalgam genommen haben, wurden GIZ – wie von Anfang an – auch verstärkt in die Rolle der Amalgamnachfolge gedrängt. Diese Indikationserweiterung war zwar a priori vor allem von den Herstellern angestrebt worden, die werkstoffkundlichen Voraussetzungen jedoch waren von jeher zu ungünstig, weshalb die beschriebenen klinischen Resultate in Klasse-II-Kavitäten nicht überraschend waren. Auch die chemisch-technologischen Weiterentwicklungen verhalfen den GIZ nicht auf das Podest der gewünschten Indikation als Amalgamalternative.

Die KGIZ erreichten durch die Methacrylierung zwar eine für den Seitenzahnbereich geeignete Biegefestigkeit, gleichzeitig aber schnellte die Abrasionsneigung unakzeptabel in die Höhe. Die HGIZ wiederum zeigten eine erfreulich geringe Abrasionsneigung, der ursprünglich zugrunde liegende Chemismus ließ aber wiederum keine bessere Biegefestigkeit als bei den konventionellen GIZ zu. Als semipermanente Versorgung sind GIZ jedoch in allen Ausführungen nach wie vor erste Wahl.

Auch aus der Kinderzahnheilkunde sind die GIZ nicht wegzudenken, da die oft mangelnde Compliance der Kinder eine schnelle Applikation ohne aufwendige Konditionierung der Zahnhartsubstanzen erforderlich macht. Als Empfehlung für die Kinderbehandlung sollten HGIZ aufgrund unserer klinischen Erfahrungen jedoch nur bei kleineren Klasse-II-Kavitäten mit geringer Belastung im Bereich der Randleiste verwendet werden.



Die Bedeutung der GIZ auf dem Sektor der indirekten Restaurationen als Stumpfaufbauten oder Befestigungszemente ist unbestritten, von einer Verwendung im Zuge der Stumpfrekonstruktion oder des Befestigens von Vollkeramiksystemen sollte jedoch Abstand genommen werden.

Die Weiterentwicklung der GIZ ist mit den MGIZ und HGIZ möglicherweise ausgereizt, der Trend geht nun dahin, andere Matrices mit den GIZ zu koppeln, wie dies momentan mit den Ormoceren® geschieht [81].

## 9 Literatur

1. Aboush, Y. E. Y., Torabzadeh, H., Lee, A. R.: One-year fluoride release from fluoride-containing restorative materials. *J Dent Res* 74: 881, Abstr. Nr. 478 (1995)
2. Attin, T., Buchalla, W., Kielbassa, A. M., Hellwig, E.: Curing shrinkage and volumetric changes of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Dent Mater* 11: 359 (1995)
3. Attin, T., Vataschki, M., Hellwig, E.: Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials. *Quintessence Int* 27: 203 (1996)
4. Ayad, M. F., Rosenstiel, S. F., Woelfel, J. B.: The effect of recementation on crown retention. *Int J Prosthodont* 11: 177 (1998)
5. Bauer, C. M., Kunzelmann, K.-H., Hickel, R.: Silikophosphat- und Glas-ionomerzemente – eine Amalgamalternative? *Dtsch Zahnärztl Z* 51: 339 (1996)
6. Bundesgesundheitsamt: Amalgame – Nebenwirkungen und Bewertung der Toxizität. *Zahnärztl Mitt* 82 (19): 36 (1992)
7. Burgess, J. O., Barghi, N., Chan, D. C. N.: A comparative study of three glass ionomer base materials. *Am J Dent* 6: 137 (1993)
8. Causton, B. E.: The physical-mechanical consequences of exposing glass-ionomer cements to water during setting. *Biomaterials* 2: 112 (1981)
9. Cho, E., Kopel, H., White, S. N.: Moisture susceptibility of resin-modified glass-ionomer materials. *Quintessence Int* 26: 351 (1995)
10. Cortes, O., Garcia-Godoy, F., Boj, J. R.: Bond strength of resin-reinforced glass ionomer cements after enamel etching. *Am J Dent* 6: 299 (1993)
11. Cranfield, M., Kuhn, A. T., Winter, G. B.: Factors relating to the rate of fluoride-ion release from glass-ionomer cement. *J Dent* 10: 333 (1982)
12. Croll, T. P., Phillips, M. S.: Glass ionomer-silver cermet restorations for primary teeth. *Quintessence Int* 17: 607 (1986)
13. Davidson, C. L.: Glass ionomer cement, an intelligent material. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol* 40: 38 (1998)
14. Davies, E. H., Pearson, G. J., Anstice, H. M., Moronfolu, C.: Studies on release/absorption from resin modified glass-ionomers and related materials. *J Dent Res* 74: 833, Abstr. 90 (1995)
15. Eide, R., Bjorg Tveit, A.: Finishing and polishing glass-ionomer cements. *Acta Odontol Scand* 48: 409 (1990)
16. Eley, B. M.: The future of dental amalgam: a review of the literature. Part 7: Possible alternative materials to amalgam for the restoration of posterior teeth. *Br Dent J* 183: 11 (1997)



17. Engelsmann, U., Kocher, T. H., Albers, H.-K.: Vergleichende Langzeituntersuchung über die Füllungsmaterialien Ketac Fil und Amalgam an Milchzähnen. *Dtsch Zahnärztl Z* 43: 291 (1988)
18. Erickson, R., Glasspoole, E. A.: Bonding to tooth structure: A comparison of glassionomer and composite resin systems. In: Hunt, P. R.: *Glass Ionomers: The next generation. Proceedings of the 2nd International Symposium of Glass Ionomers. Philadelphia 1994*, 101
19. Ernst, C.-P., Wenzl, N., Stender, E., Willershausen, B.: Retentive strengths of cast gold crowns using glass ionomer, compomer, or resin cement. *J Prosthet Dent* 79: 472 (1998)
20. Foley, J., Saunders, E., Saunders, W. P.: Strength of core build-up materials in endodontically treated teeth. *Am J Dent* 10: 166 (1997)
21. Forss, H., Seppä, L.: Prevention of enamel demineralisation adjacent to glass ionomer filling materials. *Scand J Dent Res* 98: 173 (1990)
22. Forss, H., Seppä, L., Lappalainen, R.: In vitro abrasion resistance and hardness of glass-ionomer cements. *Dent Mater* 7: 36 (1991)
23. Forss, H., Näse, L., Seppä, L.: Fluoride concentration, mutans streptococci and lactobacilli in plaque from old glass ionomer fillings. *Caries Res* 29: 50 (1995)
24. Forsten, L.: Short- and long-term fluoride release from glass ionomers and other fluoride-containing materials in vitro. *Scand. J Dent Res* 98: 179 (1990)
25. Forsten, L.: Fluoride release and uptake by glass ionomers. *Scand J Dent Res* 99: 241 (1991)
26. Forsten, L.: Fluoride release of glass ionomers. In: Hunt, P. R.: *Glass Ionomers: The next generation. Proceedings of the 2nd International Symposium of Glass Ionomers. Philadelphia 1994*, 241
27. Forsten, L.: Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials* 19: 503 (1998)
28. Frankenberger, R., Sindel, J., Krämer, N.: Viscous glass ionomer cements – an alternative to amalgam in the primary dentition? *Quintessence Int* 28: 667 (1997)
29. Gladys, S., van Meerbeek, B., Braem, M., Lambrechts, P., VanHerle, G.: Physikal and mechanical properties of visible light-cured glass-ionomers. *J Dent Res* 74: 929, Abstr. Nr. 143 (1995)
30. Guggenberger, R., May, R., Stefan, K.-P.: New trends in glass-ionomer chemistry. *Biomaterials* 19: 479 (1998)
31. Hatibovic-Kofman, S., Koch, G.: Fluoride release from glass ionomer cement in vivo and in vitro. *Swed Dent J* 15: 253 (1991)
32. Hatibovic-Kofman, S., Koch, G., Ekstrand, J.: Glass ionomer materials as a rechargeable fluoride-release system. *Int J Paediatr Dent* 7: 65 (1997)
33. Hickel, R., Voss, A.: (Langzeit)erfahrungen mit Glasionomerzementen. *Dtsch Zahnärztl Z* 43: 263 (1988)
34. Hickel, R.: Einsatzgebiete und -verfahren von Glasionomerzement als Füllungsmaterial. *Zahnärztl Mitt* 79: 914 (1989)

35. Hicks, M. J., Flatz, C. M., Silverstone, L. M.: Secondary caries formation in vivo around glass ionomer restorations. *Quintessence Int* 17: 527 (1986)
36. Jung, M.: Vergleichende Oberflächenbearbeitung lichthärtender Glas-ionomer-Füllungsmaterialien. *Dtsch Zahnärztl Z* 50: 160 (1995)
37. Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung: Amalgam noch weiter eingeschränkt. *Zahnärztl Mitt* 85: 1046 (1995)
38. Kilpatrick, N. M.: Durability of restorations in primary molars. *J Dent* 21: 67 (1993)
39. Klinge, S., Kunstmann, K., Frankenberger, R., Krämer, N.: Clinical behavior of viscous glass ionomer cement in class I and II cavities. *J Dent Res* 78: 391 (Abstract 2285) (1999)
40. Krämer, N., Kunzelmann, K.-H., Pollety, T., Pelka, M., Hickel, R.: Langzeiterfahrungen mit Cermet-Zementfüllungen in Klasse I/II-Kavitäten. *Dtsch Zahnärztl Z* 49: 905 (1994)
41. Krämer, N., Pelka, M., Kautetzky, P., Sindel, J., Petschelt, A.: Abrasionsbeständigkeit von Kompomeren und stopfbaren Glasionomerzementen. *Dtsch Zahnärztl Z* 52: 186 (1996)
42. Krämer, N.: Moderne Füllungstherapie im Milch- und Wechselgebiss. *Dtsch Zahnärztl Z* 52: 89 (1997)
43. Krämer, N., Frankenberger, R., Kunzelmann, K.-H.: Clinical behaviour of viscous glass ionomer cement restorations in the primary dentition. *Ital J Pediat Dent* 1: 59, Abstr. Nr. P 11 (1998)
44. Leyhausen, G., Abtahi, M., Karbakhsh, M., Sapotnick, A., Geurtsen, W.: Biocompatibility of various light-curing and one conventional glass-ionomer cement. *Biomaterials* 19: 559 (1998)
45. Lyons, K.: Alternatives to amalgam. *N Z Dent J* 93: 47 (1997)
46. Mallow, P., Durward, M., Klaipo, M.: Comparison of two glass ionomer cements using the ART technique. *J Dent Res* 74: 405, Abstr. Nr. 33 (1995)
47. Marolf, R.: Glasionomerzemente – Materialeigenschaften und klinische Anwendung. Eine Literaturübersicht. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 94: 117 (1984)
48. McCabe, J. F.: Resin-modified glass-ionomers. *Biomaterials* 19: 521 (1998)
49. McCaghren, R. A., Retief, D. H., Bradley, E. L., Denys, F. R.: Shear bond strength of light-cured glass ionomer to enamel and dentin. *J Dent Res* 69: 40 (1990)
50. McKinney, J. E., Antonucci, J. M., Rupp, N. W.: Wear and microhardness of a silver-sintered glass-ionomer cement. *J Dent Res* 67: 831 (1988)
51. McLean, J. W., Gasser, O.: Glas-Cermet-Zemente. *Quintessenz* 36: 1, Ref.-Nr. 6809 (1985)
52. Mitra, S. B.: Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J Dent Res* 70: 72 (1991)

53. Mitra, S.: Curing Reactions of glass ionomer materials. In: Hunt, P. R.: Glass Ionomers: The next generation. Proceedings of the 2nd International Symposium of Glass Ionomers. Philadelphia 1994, 13
54. Mjör, I. A.: Glass-ionomer cement restorations and secondary caries: A preliminary report. *Quintessence Int* 27: 171 (1996)
55. Mjör, I. A.: The reasons for replacement and the age of failed restorations in general dental practice. *Acta Odontol Scand* 55: 58 (1997)
56. Moll, K.-H., Haller, B., Hofmann, N., Klaiber, B.: Phosphoric acid etching and enamel bond of composite/glass ionomer hybrids. *J Dent Res* 75: 171, IADR Abstr. Nr. 1225 (1996)
57. Mount, G. J.: Clinical performance of glass-ionomers. *Biomaterials* 19: 573 (1998)
58. Naasan, M. A., Watson, T. F.: Conventional glass ionomers as posterior restorations. *Am J Dent* 11: 36 (1998)
59. Nicholson, J. W., Croll, T. P.: Glass-ionomer cements in restorative dentistry. *Quintessence Int* 28: 705 (1997)
60. Paterson, R. C., Watts, A.: Toxicity to the pulp of a glass-ionomer cement. *Br Dent J* 162: 110 (1987)
61. Pelka, M., Ebert, J., Schneider, H., Krämer, N., Petschelt, A.: Comparison of two- and three-body wear of glass-ionomers and composites. *Eur J Oral Sci* 104: 132–137 (1996)
62. Pereira, P. N., Inokoshi, S., Tagami, J.: In vitro secondary caries inhibition around fluoride releasing materials. *J Dent* 26: 505 (1998)
63. Qvist, V., Laurberg, L., Poulsen, A., Teglers, P. T.: Longevity and cario-static effects of everyday conventional glass-ionomer and amalgam restorations in primary teeth: three-year results. *J Dent Res* 76: 1387 (1997)
64. Reich, E., Völkl, H.: Randqualität von Zahnhalsfüllungen aus lighthärtenden Glasionomerzementen. *Dtsch Zahnärztl Z* 49: 263 (1994)
65. Schmalz, G.: Antimikrobielle Eigenschaften eines Zinkoxiphosphat-Zementes und eines Glasionomer-Zementes mit und ohne Silberzusatz. *Dtsch Zahnärztl Z* 42: 628 (1987)
66. Schuh, H.: Glasionomerzemente – Entwicklung und Tendenzen. *Swiss Dent* 14: 7 (1993)
67. Sidhu, S. K., Watson, T. F.: Resin-modified glass ionomer materials. *Am J Dent* 8: 59 (1995)
68. Sindel, J., Frankenberger, R., Krämer, N., Petschelt, A.: Crack formation of all-ceramic crowns dependent on different core build up and luting materials. *J Dent* 27: 175 (1999)
69. Small, I. C., Watson, T. F., Chadwick, A. V., Sidhu, S. K.: Water sorption in resin-modified glass-ionomer cements; an in vitro comparison with other materials. *Biomaterials* 19: 545 (1998)
70. Soltész, U., Leupolz, M.: Dimensionsverhalten von Glasionomerzementen in trockener und feuchter Umgebung. *Dtsch Zahnärztl Z* 48: 431 (1993)

71. Soltész, U.: Ermüdungsverhalten von drei Glasionomorzementen unter zyklischer Wechselbelastung. Dtsch Zahnärztl Z 49: 929 (1994)
72. Swartz, M. L., Phillips, R. W., Clark, H. E.: Long-term F release from glass-ionomer cements. J Dent Res 63: 158 (1984)
73. Tate, W. H., Powers, J. M.: Surface roughness of composites and hybrid ionomers. Oper Dent 21: 53 (1996)
74. Ten, Cate J. M., van Duinen, R. N. B.: Hypermineralization of dentinal lesions adjacent to glass-ionomer restorations. J Dent Res 74: 1266 (1995)
75. Thornton, J. B., Retief, D. H., Bradley, E. L.: Fluoride release from and tensile bond strength of Ketac Fil and Ketac Silver to enamel and dentin. Dent Mater 2: 241 (1986)
76. Triana, R., Prado, C., Garro, J., Garcia-Godoy, F.: Dentin bond strength of fluoride-releasing materials. Am J Dent 7: 252 (1994)
77. Vitrebond Light-cure Glass Ionomer Liner Base. 3M Dental Product Literature, 1988
78. Walls, A. W. G., Adamson, J., McCabe, J. F., Murray, J. J.: The properties of a glass polyalkenoate (ionomer) cement incorporating sintered metallic particles. Dent Mater 3: 113 (1987)
79. Walls, A. W. G., Murray, J. J., McCabe, J. F.: The use of glass polyalkenoate (ionomer) cements in the deciduous dentition. Br Dent J 165: 13 (1988)
80. Williams, J. A., Billington, R. W., Pearson, G. J.: The comparative strengths of commercial glass ionomer cements with and without metal additions. Br Dent J 172: 279 (1992)
81. Wolter, H., Storch, W., Ott, H.: New inorganic/organic copolymers (Ormocers) for dental application. Mat Res Soc Symp Proc 346: 143 (1994)

*Korrespondenzadresse:  
Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten  
der Universität Erlangen-Nürnberg  
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
Herrn PD Dr. N. Krämer und Dr. R. Frankenberger  
Glückstr. 11  
91054 Erlangen*