

**Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten  
der Universität München  
Direktor: Prof. Dr. Reinhard Hickel  
und Aus der Praxis Boris Simončič  
Ljubljna, Slowenien**

**Klinische Studie für  
verschiedene Füllungstechniken  
im Seitenzahnbereich**

Dissertation  
Zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Boris Simončič  
aus  
Ljubljna/Slowenien

---

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München**

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. K.-H. Kunzelmann

Mitberichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Dr. F. X. Reichl

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h. c. K. Peter

Tag der mündlichen Prüfung: 30. 11. 1999

*Meiner wunderbaren Familie*

Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>1 Einleitung</b>	9
<b>2 Literaturübersicht</b>	11
<b>2.1 Amalgam</b>	11
2.1.1. Bedeutung der einzelnen Amalgambestandteile	11
2.1.2. Umweltbelastung durch Quecksilberabfälle	12
2.1.3. Gesundheitliche Nebenwirkungen	12
2.1.4. Vorteile von Amalgam	14
<b>2.2. Komposite und Kompositinlays</b>	16
2.3. Dentinvorbehandlung	18
2.4. Klinische Evaluation	24
<b>3 Zielsetzung</b>	26
3.1. Zielsetzung der klinischen Studie	26
<b>4 Material und Methode</b>	27
4.1. Verwendete Materialien	27
4.2. Patientengut	27
4.3. Behandlungssitzung	27
4.4. Dokumentation	28
4.4.1. Allgemeine Befunderhebung	28
4.4.2. Dokumentationsmodelle	30
4.4.3. Nachuntersuchungen	30
4.5. Präparation	34
4.6. Restaurationstechnik	35
4.7. Herstellung der Artglass – Inlays	36
4.8. Fotodokumentation	37
4.9. Statistische Datenbearbeitung	37
<b>5. Ergebnisse</b>	39
<b>6. Diskussion</b>	57
<b>7. Schlußfolgerung</b>	73
<b>8. Zusammenfassung</b>	75
<b>9. Literaturverzeichnis</b>	77
<b>10. Anhang</b>	83
Danksagung	91
Lebenslauf	93

Durch die Diskussion um eine mögliche Gesundheitsschädigung durch Quecksilberfreisetzung aus Amalgamfüllungen wurde die Entwicklung neuer Füllungswerkstoffe in den letzten 10 Jahren stark beschleunigt ( Bayne 1994, Blair 1995 ). Aufgrund der EU-Gesetzgebung ist es derzeit nicht mehr erforderlich, den Erfolg von Füllungswerkstoffen klinisch zu belegen, da die Füllungswerkstoffe als Medizinprodukte eingestuft werden. Da klinische Studien zeitintensiv sind und aufgrund der biologischen Variationsbreite häufig große Streuungen der Ergebnisse aufweisen, tendieren die Hersteller von Füllungswerkstoffen unter dem gestiegenen Konkurrenzdruck dazu, Materialien, die als Alternative zu Amalgam betrachtet werden können, ohne klinische Prüfung zu vermarkten ( Caughman 1995, Lutz 1994 ).

Derzeit gelten adhäsiv verarbeitete Werkstoffe aufgrund ihres Preisvorteiles gegenüber Gußfüllungen als bevorzugte Alternative zu Amalgam ( Berry 1994 ). Diese sogenannten Komposite haben jedoch eine Reihe von Nachteilen, von denen die durch Polymerisationsschrumpfung hervorgerufene Randspaltbildung und die Verschleißneigung im Bereich der Kaufläche zu den schwerwiegendsten Punkten zählen. Plastisch in die Kavität eingebrachte Komposite sind darüber hinaus im Vergleich zu Amalgam weniger standfest, so daß die Gestaltung von korrekten Approximalkontakten im Vergleich zu Amalgam aufwendiger ist ( Ferracane 1997 ).

Kompositinlays stellen einen Lösungsansatz dar, die negativen Folgen der Polymerisationsschrumpfung zu kompensieren ( de Gee 1993 ). Durch die extraorale Polymerisationschumpfung des Inlay bereits bei der Herstellung. Durch die gleichzeitig stattfindende Nachvergütung sollen desweiteren die mechanischen Eigenschaften des Kompositmaterials verbessert werden ( Kawai 1995 ). Die verbleibende Klebefuge wird mit einem Kompositbefestigungsmaterial gefüllt ( Chigira 1994 ). Durch die geringe Restmenge an zu polymerisierenden Materialien soll die Randqualität verbessert sein. Zusätzlich kann die okklusale und approximale Kontur der Restauration im Artikulator optimiert gestaltet werden.

Plastisch verarbeitete Komposite werden in der Regel in mehreren Inkrementen in die Kavität appliziert, um mit dem jeweils nachfolgenden Inkrement die Polymerisationsschrumpfung des vorherigen Inkrements zu kompensieren. Aktuelle Entwicklungen von plastisch zu verarbeitenden Kompositen versuchen die Polymerisationsschrumpfung dieser Werkstoffe zu reduzieren ( Gladys 1997 ). Neben Monomersystemen mit verringerter Polymerisation wird hier auch die Möglichkeit diskutiert, durch poröse Füllkörper ein Monomerreservoir zu schaffen, das zum Spannungsausgleich während der Polymerisation beitragen kann ( Rueggeberg 1995 ). Gleichzeitig wird durch diese Füllkörper sowie modifizierte Mikrofüllpartikel die Viskosität des Materials beeinflusst, so daß für den Zahnarzt der Eindruck einer erhöhten Stopfbarkeit entsteht, wodurch die approximale Kontur einfacher zu gestalten sein soll.

Bisher wurden nach den vorliegenden Daten in keiner Studie gleichzeitig von einem Behandler alle 4 Füllungswerkstoffe bzw. -strategien unter vergleichbaren Bedingungen untersucht. Da zwischen den einzelnen Behandlern erhebliche Unterschiede beobachtet werden ( Bayne 1994 ), ist dies aber eine Voraussetzung dafür, diese Werkstoffe mit modernen, hochpräzisen Auswertungsmethoden korrekt vergleichen zu können.



Die vorliegende Untersuchung hatte zum Ziel, die Materialien Amalgam, Charisma als Vertreter eines klassischen Feinpartikelhybridwerkstoffes, Artglass als Inlaysystem sowie Solitaire als Vertreter eines sog. "condensable composites" zu vergleichen.

### 2.1 Amalgam

Seit fast zwei Jahrhunderten ist Amalgam das weltweit immer noch meist-verwendete Füllungsmaterial. In Frankreich war bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts ein Gemisch aus Wismut, Blei und Zinn mit Quecksilber gebräuchlich, das im flüssigen Zustand in die Zahnkavität gegossen wurde, eine Prozedur, die für den Patienten wohl sehr schmerzhaft gewesen sein dürfte (Berry 1994).

Eine ähnliche Zusammensetzung des Amalgams wurde bis zu Beginn der 60er Jahre dieses Jahrhunderts beibehalten (Leinfelder 1994). Damals wurde der Kupfergehalt des Amalgams erhöht, der zusammen mit dem Zinn die Bildung der Gamma-I-Phase ermöglicht hat. Diese hat die weniger korrosionsbeständige Gamma-2-Phase ersetzt. Ähnlich zusammengesetzt sind die Amalgame noch heute, sie bestehen aus: 40 - 70 % Silber, 12 - 30 % Zinn, 12 - 30 % Kupfer, bis zu 4 % Indium, 0,5 % Palladium und bis zu 1 % Zink. Der Quecksilbergehalt liegt bei 43 bis 50,5 Gewichtsprozent (Corbin 1994).

Trotz der Verbesserung der Dentalamalgamlegierungen hat sich die Einstellung gegenüber Amalgam als Füllungsmaterial geändert (Hadavi 1992). Dennoch ist Amalgam heute noch immer das weltweit meist verwendete Füllungsmaterial mit einem breiten Anwendungsspektrum (Al Duwairi 1993, Krejci 1995). Gleichzeitig sind die Kosten für den Patienten akzeptabel und die Füllungen weisen eine ausreichende klinische Verweildauer auf (Mahler 1996).

#### 2.1.1 Bedeutung der einzelnen Amalgambestandteile

Amalgame verschiedener Hersteller unterscheiden sich voneinander in der Regel durch die Teilchengröße, die Herstellungsart und die Zusammensetzung der Legierung (Asaoka 1994, Osborne 1990). Diese Kriterien entscheiden über die Verarbeitungstechnik und bedingen die klinischen Eigenschaften des Materials (Berry 1994).

So vermindert beispielsweise der Zinkzusatz das "Fließen" am Präparationsrand, wodurch Frakturen der Füllungsänder reduziert werden (Mahler 1993 und 1996). Zink erhöht gleichzeitig die Festigkeit gegen Ermüdungsbrüche (Watkins 1995).

Die Korrosionsfestigkeit der Amalgame in Kontakt mit Elektrolyten kann durch eine Erhöhung des Kupfergehaltes verbessert werden (Johansson 1995, Marek 1993). Wird der Korrosionslösung Fluorid beigemischt, verringert sich die Korrosionsanfälligkeit von Amalgamen mit höherem Kupfergehalt, nicht jedoch die von anderen Amalgamen (Olsson 1994).

In sulfidhaltigen Medien befindliche Amalgame bilden vornehmlich Metallsulfide als Korrosionsprodukte. Darunter sind Zinkverbindungen am häufigsten. An zweiter Stelle liegen Indiumverbindungen, wenn es im Amalgam enthalten ist. Danach kommen Korrosionsprodukte mit Zinn und Kupfer. Korrosionsprodukte mit Silber und Quecksilber sind schwerer nachzuweisen (Olsson 1994). Auch durch eine bessere Endbearbeitung der Amalgamoberfläche (Polieren) wird die Korrosionsanfälligkeit vermindert (Johansson 1995).

Das durch Verdampfen aus dem Amalgam freigesetzte Quecksilber beeinflusst die Korrosionsanfälligkeit initial. Dies wird später durch eine Schutzschicht aus Zinkoxiden reduziert. Wenn die Konzentration des Quecksilberdampfes einen konstanten Wert erreicht, steigt die Korrosionsanfälligkeit an, womöglich weil dadurch der Zinkoxidschutzmantel an der Amalgamoberfläche destabilisiert wird (Ogletree 1995).

### 2.1.2 Umweltbelastung durch Quecksilberabfälle

Amalgam wird nicht nur vorgeworfen, es entspräche nicht den an moderne Füllungsmaterialien gestellten ästhetischen Anforderungen, sondern es setze auch Quecksilber in die Umgebung frei. So finden sich beispielsweise in den Abwässern zahnärztlicher Praxen Amalgamteilchen (Letzel 1997). Die kleineren Partikel haben einen Durchmesser von 2 - 90 µm, die größeren von 160 - 5500 µm Durchmesser. In einer durchschnittlichen zahnärztlichen Praxis werden wöchentlich etwa 40 Amalgamfüllungen angefertigt. Das durchschnittliche Gesamtgewicht der Amalgamteilchen in Abwässern liegt bei 16,7 g wöchentlich (Letzel 1997).

### 2.1.3 Gesundheitliche Nebenwirkungen

Im Zusammenhang mit Amalgamfüllungen werden derzeit zahlreiche gesundheitliche Nebenwirkungen diskutiert. In seltenen Fällen wird von einer Allergie gegen Amalgambestandteile berichtet. Diese Allergien äußern sich klinisch durch Mundschleimhautveränderungen (Kontaktstomatitis) und möglicherweise lokale Mißempfindungen (z. B. Mundbrennen). Häufiger beschrieben werden lichenoid Reaktionen, Veränderungen der Mundschleimhaut in enger räumlicher Beziehung zu Amalgamfüllungen (Langworth 1997). Diese Schleimhautveränderungen sind in ihrer Ausdehnung variabel. Die Ursache für ihre Entstehung ist unbekannt. Bei direktem Kontakt verschiedener Metalle kann es unter dem Einfluß des Elektrolyts Speichel zu elektrochemischen Reaktionen kommen. Vor allem bei neuen Amalgamfüllungen wird "elektrischen" Mißempfindungen und Metallgeschmack berichtet. Bei direktem approximalen oder okklusalen Kontakt zwischen Amalgamfüllungen und Gußfüllungen aus Edelmetallen kann eine Verfärbung

der Gußfüllungen beobachtet werden. In der Regel bildet sich nach kurzer Zeit eine Passivierungsschicht aus Metalloxiden auf der Oberfläche der Amalgamfüllung, wodurch die elektrochemischen Reaktionen stark verringert werden (Berdouses 1995). Bei Applikation von Amalgamfüllungen auf Dentin ohne Verwendung einer schützenden Unterfüllung oder Isolierung, wie z. B. Amalgabondtechniken (Garcia - Barbero 1994), können Korrosionsprodukte aus dem Amalgam in die Dentinkanälchen eindiffundieren und zu ästhetisch beeinträchtigenden Verfärbungen führen (Saxe 1995). Beim Entfernen von Amalgamfüllungen mit rotierenden Instrumenten wird gelegentlich von Amalgamtätowierungen berichtet, die durch mechanisches Einimpfen von Amalgampartikeln in die benachbarten Weichgewebe hervorgerufen werden (Sfikas 1996).

Amalgamfüllungen tragen zu einer geringen, meßtechnisch jedoch nachweisbaren Quecksilberbelastung des Menschen bei (Ferracane 1993 und 1995). Der Nachweis einer kausalen Beziehung zwischen dieser Quecksilbermenge sowie etwaigen Gesundheitsschäden steht jedoch noch aus (Marek 1997). Zum Verständnis einer amalgambedingten Belastung des Organismus müssen die Zustandsformen des Quecksilber differenziert betrachtet werden (Martin 1995). Neben der reinen Exposition in Form metallischer Legierungen ist die Aufnahme in den Körper, z. B. in Form von Quecksilberdampf über die Lunge oder über den Intestinaltrakt von Bedeutung (Wataha 1994).

In der erhärteten Füllung liegt Quecksilber überwiegend als Legierungsbestandteil vor (Ogletree 1995). Weitere Zustandsformen von Quecksilber sind elementares Quecksilber in metallischer flüssiger Form, elementares Quecksilber in dampfförmiger Form, anorganisches Quecksilber und organisch gebundenes Quecksilber (Methylquecksilber) (Okabe 1994).

Das für die Amalgamfüllungen verwendete metallische Quecksilber in flüssiger Form hat toxikologisch eine untergeordnete Bedeutung. In der Regel kommt weder der Patient noch das zahnärztliche Team in direkten Kontakt damit (Wataha 1994). Es wird darüberhinaus praktisch nicht resorbiert und passiert den Magen-Darm-Kanal, um dann mit dem Stuhl ausgeschieden zu werden. Dampfförmiges Quecksilber tritt in kleinen Mengen aus Amalgamfüllungen aus, wobei bei der Verarbeitung der Hauptanteil freigesetzt wird. Bei Kontakt mit dem Speichel löst sich das Quecksilber und wird zur ionisierten, anorganischen Form oxidiert oder es verdampft in der Mundhöhle (Langworth 1997). Oxidiertes Quecksilber wird entweder abgesaugt oder verschluckt und wird toxikologisch mit einer untergeordneten Wertigkeit eingestuft (Saxe 1995). Das dampfförmige Quecksilber wird beim Einatmen von den Lungen resorbiert und hat die größte toxikologische Bedeutung, da die Resorptionsrate ins Blut mit ca. 80 % sehr

hoch ist. Das in der Lunge resorbierte Quecksilber wird physikalisch gelöst und später zu anorganischem Quecksilber oxidiert. Es reichert sich im Gehirn (Hypophyse), den Nieren und in der Leber an.

Durch Korrosion der Amalgamfüllungen kann die Freisetzung von anorganischem Quecksilber aus den Amalgamfüllungen gefördert werden (Johansson 1995). Durch Verschlucken gelangt es in den Magen-Darm-Trakt (Lytle 1993). Die Resorptionsrate ist hier mit 5 – 10 % allerdings deutlich niedriger als in der Lunge, weshalb die Aufnahme durch Korrosion toxikologisch geringere Bedeutung hat.

Die toxikologisch problematischen organischen Quecksilberverbindungen stammen nicht aus Amalgamfüllungen. Sie stammen überwiegend aus der Nahrung, beispielsweise aus Fisch.

Nach aktuellen Untersuchungen dürfte die Quecksilberexposition durch Amalgamfüllungen zu einer Resorption von unter 5 Mikrogramm pro Tag liegen. Der WHO Grenzwert für eine "duldbare" Tagesdosis beträgt 30 Mikrogramm. Aus diesem Grund wird eine gesundheitliche Gefährdung durch Amalgamfüllungen für unwahrscheinlich gehalten.

### 2.1.4 Vorteile von Amalgam

Ein Hauptvorteil der Amalgame soll in ihrer "Unempfindlichkeit" bezüglich der Verarbeitungstechnik liegen. Amalgamfüllungen werden retentiv präpariert und sind hinsichtlich der Ausdehnung der Kavität nicht, wie häufig für Adhäsivfüllungen empfohlen, auf eine zirkuläre Schmelzbegrenzung angewiesen. Amalgame sind härter als Komposite, widerstandsfähiger auf okklusalen Druck und verursachen keine Abrasion der Antagonisten (Berry 1994). Für die Lebensdauer ist die Breite der Präparation wichtiger als Stellung und Position des Zahnes. Füllungen mit größerer Breite ziehen eine größere Zahl von Brüchen nach sich (Osborne 1990). Reparaturfüllungen sind möglich, werden jedoch in der Regel nicht empfohlen. Bei Reparaturfüllungen büßt das Amalgam einen Teil seiner Festigkeit ein. Der Festigkeitsverlust ist geringer, wenn für die Reparatur das selbe Amalgam verwendet wird und wenn die Präparationsflächen im Amalgam vor der Applikation der neuen Füllung gut gereinigt worden sind. Bei der Füllungsreparatur ist die Retentionsform ebenso wie bei der Erstversorgung zu beachten. Das ist besonders wichtig, wenn im Bereich der funktionellen Okklusion und Artikulation (Hadavi 1992) repariert wird. Im Durchschnitt sind 75 % der Amalgamfüllungen nach drei Jahren klinisch völlig akzeptabel, 21 % sind wegen sekundärer Karies reparaturbedürftig oder

müssen ersetzt werden (Qvist 1997). Okklusalflächen werden meist im Sinne einer Reintegration der bestehenden anatomischen Zahnstruktur modelliert ohne die anatomischen Besonderheiten einer bestimmten Zahngruppe überzubetonen.

Die Einteilung der Kompositmaterialien erfolgt in der Regeln nach der Art der verwendeten Füllkörper, da diese wesentliche klinische Eigenschaften beeinflussen. In Abhängigkeit von der Größe der Füllkörper unterscheidet man makrogefüllte Komposite, mikrogefüllte Komposite und Hybrid-Komposite (Janda 1988). Die makrogefüllten Komposite enthalten Füllkörper, deren Durchmesser mehr als 10 µm beträgt. Sie wurden mittlerweile vollständig durch die Hybridkomposite abgelöst. Die Hybridkomposite haben, wie auch die makrogefüllten Komposite, Füllkörper die durch Mahlen von Gläsern bzw. Glaskeramiken hergestellt werden. Darüberhinaus werden Mikrofüller in Form von Siliziumdioxidpartikeln zugegeben. Die Glasfüllkörper können unterschiedlich fein gemahlen bzw. gesiebt werden. Die älteren Hybridkomposite hatten noch durchschnittliche Partikelgrößen von größer 3 µm. Um die Weiterentwicklung zu verdeutlichen, bezeichnet man die modernen Hybridkomposite mit durchschnittlichen Partikelgrößen der Glasfüllkörper von kleiner 1 µm auch als Feinpartikelhybridkomposite. Die Hybridkomposite sollen die positiven Eigenschaften der makro- bzw. mikrogefüllten Komposite hinsichtlich der Biegefestigkeit, Abrasionsbeständigkeit und Polierbarkeit vereinigen (Htang 1995). Während bis vor Kurzem ein Trend hin zu sogenannten "all-purpose-hybride"-Kompositen zu verzeichnen war, die sowohl im Front- als auch im Seitenzahnbereich eingesetzt werden können, läßt sich seit der IDS 1997 durch die Markteinführung des Materials Solitaire (Kulzer, Wehrheim) ein Trend beobachten, für den Seitenzahnbereich optimierte Komposite anzubieten. Der Trend wurde durch die sog. "condensable composites" Alert (Jeneric Pentron) und Surefil (Dentsply) fortgesetzt.

Bei der herkömmlichen Verarbeitung werden die Komposite plastisch in die Kavität eingebracht und ausgehärtet (Peutzfeldt 1994). Aufgrund der Polymerisationsschrumpfung kommt es beim Aushärten zu einer Volumenreduktion. Die hierbei auftretenden Kräfte sind so stark, daß sich durch Ablösen von der Kavitätenwand Randspalte am Übergang zwischen Zahn und Füllung bilden können. In diese Randspalte können Bakterien einwandern und zu Sekundärkaries führen (Imazato 1994). Zur Verminderung der Polymerisationsschrumpfung wurde vorgeschlagen, das Volumen der Komposite bei der Aushärtung zu verringern (Kawai 1995). Dies kann durch die sogenannten Inkrementtechnik (Krejci 1995) erreicht werden. Bei der Inkrementtechnik wird das Füllungsmaterial portionsweise in die Kavität eingebracht und ausgehärtet. Das jeweils nachfolgende Inkrement kompensiert die Polymerisationsschrumpfung des vorhergehenden Inkrements. Durch den Einsatz von Lichtkeilen sollten, nach ursprünglicher Interpretation (Krejci 1995), die Schrumpfungsvektoren beeinflußt werden können. Die Lichtführung von zervikal sollte bewirken, daß zunächst die zervikalen Abschnitte der Kavität polymerisieren und eine Randspaltbildung verhindert wird (Krämer 1994, 1996). Neuere

Untersuchungen (Mehl 1997) deuten jedoch daraufhin, daß die Lichtkeile zu einer Absorption der Lichtleistung führen. Diese bewirkt eine geringfügig verzögerte Polymerisation. Durch diesen Zeitverzug hat das Material länger Zeit, auftretende Kontraktionsspannungen durch "flow" auszugleichen. Inzwischen wurde diese Philosophie unter dem Begriff "Softstartpolymerisation" in Polymerisationsgeräten umgesetzt, die derart programmiert sind, daß der Anstieg der Lichtintensität verzögert erfolgt (z. B. Highlight, Espe).

Die korrekte schichtweise Verarbeitung der Kompositfüllungen ist recht aufwendig. Das Problem der Schrumpfung dürfte bei kleinvolumigen, möglichst zirkulär noch schmelzbegrenzten Kavitäten weitgehend losbar sein. Die Problematik wird jedoch verschärft, wenn wir es mit großvolumigen Amalgamersatzkavitäten zu tun haben (Hickel 1994). Hier können die Kontraktionskräfte nach Anätzen des Schmelzes sogar so groß werden, daß die Kohäsion der Schmelzprismen überschritten wird und Schmelzrandfrakturen beobachtet werden (Jorgensen 1975).

Im Bereich der approximalen Stufen kann Schmelz oft fehlen. Der dauerhafte Dentinverbund scheint trotz einer enormen Weiterentwicklung der Dentinadhäsive bisher noch nicht gesichert zu sein (van Meerbeek 1992, 1993).

Auf der Suche nach einer Alternative zu plastischen Kompositfüllungen bietet sich die Kompositinlaytechnik an (Fülleman 1988, Möermann 1982). Das Inlays wird außerhalb der Mundhöhle polymerisiert. Durch die gleichzeitig stattfindende Nachvergütung darf eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften erwartet werden (Bertolotti 1996). Durch das Befestigen des paßgenauen Inlays mit einem Befestigungskomposit wird die Schicht des zu polymerisierenden Materials dünn gehalten. Die verspricht Dank einer geringeren Initialschrumpfung eine bessere marginale Adaptation (de Gee 1993).

### 2.3 Dentinvorbehandlung

Aufgrund der großflächigen Dentinexposition muß für den klinischen Erfolg der Adhäsivrestaurationen ein guter Verbund zwischen Dentin und Füllungswerkstoff etabliert werden. Im Gegensatz zu Schmelz ist Dentin hinsichtlich seiner mikromorphologischen Besonderheiten schwieriger adhäsiv vorzubehandeln. Dentin besteht zu 18 Gew.-% aus organischen Bestandteilen (Kollagen), zu 12 Gew.-% aus Wasser und zu 70 Gew.-% aus anorganischen Komponenten (Hydroxylapatit). Die Zusammensetzung variiert je nachdem, ob pulpafernes oder pulpanahes bzw. auch sklerotisch verändertes Dentin betrachtet wird. Weiteren Einfluß auf den Dentin-Adhäsiv-Verbund nehmen die Dentintubuli, die radiär angeordnet sind, sowie der aus den angeschnittenen Dentinkanälchen ausströmende Dentinliquor (Kan 1997). Bezüglich des Dentinverbundes ist nach derzeit gültiger Vorstellung vor allem das intertubuläre Dentin von Bedeutung.

Bei Behandlung der Dentinoberfläche mit rotierenden Instrumenten entsteht eine 1 - 5 µm dicke Schmierschicht aus Hydroxylapatitkristallen und denaturiertem Kollagen (Simončič 1997). Diese Schmierschicht reduziert die Fließrate des Dentinliquors (Prati 1994), vermindert jedoch gleichzeitig einen effektiven Verbund zwischen Dentin und Füllungsmaterial.

Je nach der Art der Vorbehandlung der Schmierschicht (Simončič 1994) kann man die Dentinadhäsive in drei verschiedene Kategorien einordnen. Bei der ersten Gruppe wird die Schmierschicht infiltriert, modifiziert und in die Verbundschicht integriert. Man kann hier ein- oder zweistufige Systeme unterscheiden, je nachdem, ob nur ein Adhäsivresin oder sowohl ein Primer und ein Adhäsivresin angewendet werden (Tabelle 2.1, nach van Meerbeck, 1998).

**Tab. 2.1:** Dentinadhäsive, die die Schmierschicht modifizieren (nach van Meerbeck 1998).

Produktname	Hersteller	Anzahl der Komponenten
Hytac OSB	Espe, Seefeld	1
Prime & Bond 2.1	Detrey, Konstanz	1
ProBond	Detrey, Konstanz	2

Die zweite Gruppe der Dentinadhäsive entfernt die Schmierschicht vollständig und kann in zwei- bzw. dreistufige Systeme unterschieden werden.

**Tab. 2.2:** Dentinadhäsive, die die Schmierschicht vollständig entfernen (nach van Meerbeck 1998).

Produktname	Hersteller	Anzahl der Komponenten
Denthesive	Kulzer, Wehrheim	3
EBS	Espe, Seefeld	3
Gluma Bonding System	Bayer, Leverkusen	3
Gluma CPS	Bayer, Leverkusen	3
Scotchbond MP	3 M, St. Paul	3
Scotchbond MP Plus	3 M, St. Paul	3
Syntac classic	Vivadent, Schaan	3
One-step	Bisco, Itasca	2
Gluma 2000	Bayer, Leverkusen	2
Prime & Bond 2.0	Detrey, Konstanz	2
Solist	DMG, Hamburg	2
Syntac sprint	Vivadent, Schaan	2



Die dritte Gruppe der Dentinadhäsive löst die Schmierschicht chemisch auf, entfernt die Bestandteile jedoch nicht von der Dentinoberfläche (Tab. 2.3).

Produktname	Hersteller	Anzahl der Komponenten
Clearfil Liner Bond 2	1	1
ART Bond	Coltene, Altstätten	2
Denthesive II	Kulzer, Wehrheim	2
Etch & Prime 3.0	Degussa, Hanau	1
Syntac SC	Vivadent, Schaan	2

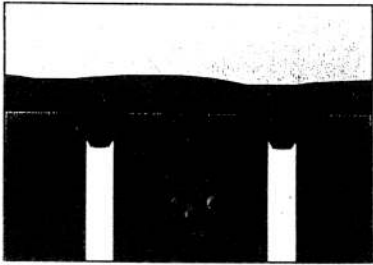
Die Dentinadhäsive, die die Schmierschicht nur modifizieren, beruhen auf dem Konzept, die Schmierschicht als natürliche Schutzschicht für die Pulpa zu belassen. Gleichzeitig wird durch die Schmierschicht die Menge des ausströmenden Dentinliquor, verringert und die Benetzung mit den hydrophoben Monomeren verbessert. Eine notwendige Voraussetzung für diese Gruppe ist, gut diffundierende Monomersysteme im Dentinadhäsiv zu haben. Zusätzlich erfordert diese Gruppe die selektive Schmelzätzung mit Phosphorsäure. Durch die Schmierschicht war die Haftfestigkeit in der Regel auf die Eigenfestigkeit der modifizierten Schmierschicht limitiert.

Die Entfernung der Schmierschicht ermöglicht die Anwendung der sog. total-etch-Technik, d. h. der gleichzeitigen Vorbehandlung von Schmelz und Dentin. Dieses Vorgehen ist klinisch relevanter, da eine Benetzung von Dentin selbst bei sorgfältiger Anwendung mit der selektiven Ätztechnik nicht verhindert werden kann (Kanca 1992). Gleichzeitig mit der Schmierschicht wird auch Hydroxylapatit in der intakten Dentinoberfläche gelöst. Die Kollagenfasern werden exponiert und stehen für die anschließende Infiltration mit Monomer zur Verfügung. Durch diesen innigen Kontakt wird der sog. Hybridlayer gebildet, der nach gängiger Vorstellung derzeit für den erfolgreichen Einsatz von Dentinadhäsiven eine notwendige Voraussetzung darstellt. Da jedoch bei dieser Art der Dentinadhäsive als zusätzliche Arbeitsschritte ein Absprayen der Dentinoberfläche und anschließendes Trocknen erforderlich ist, besteht hier die Gefahr des Übertrocknens. Durch forciertes Trocknen wird das Wasser entfernt, das zwischen den Kollagenfasern für den nötigen Abstand der Kollagenfasern sorgt. Durch die Verdichtung der Kollagenstruktur werden die nachfolgend erforderlichen Diffusionsprozesse stark beeinträchtigt und es kann zur Ausbildung von Nanoleakage-Arealen kommen. Diese Beobachtung hat zur Entwicklung der dritten Gruppe der Dentinadhäsive geführt.

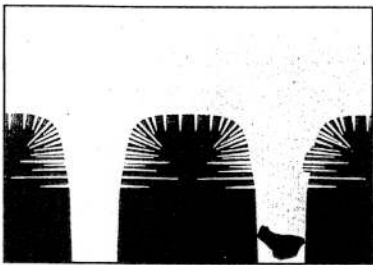
Diese Gruppe benötigt zwar überwiegend für die Schmelzvorbereitung die selektive Schmelzätzung. Zwei Vertreter dieser Gruppe werden von den Herstellern jedoch auch ohne diesen Arbeitsschritt für die Schmelz- und Dentinvorbereitung freigegeben (Clearfil Liner Bond 2 und Etch & Prime 3.0). Dies ist dadurch möglich, daß die Monomersysteme gleichzeitig mit sauren Bestandteilen versetzt sind, die zeitgleich die Dentinoberfläche durch Auflösen von Hydroxylapatit demineralisieren und die Diffusion der Monomere immer genau an der Demineralisationsfront gewährleisten.



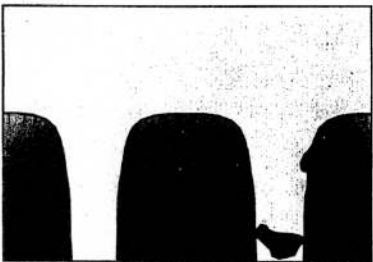
**Abbildung 2.1:** REM-Abbildung der säureresistenten Hybridschicht (H), (Konditionierung des Dentins und Adhäsivbeschichtung). Die Bruchfläche wurde 2 Minuten mit 1 % HCl angeätzt. In den durch die Ätzung offenen Intertubularräumen sind in tiefere Dentinschichten vordringende Pfropfen der Hybridschicht sichtbar. Der Strich in der rechten Ecke unten stellt die Länge 10 µm dar (Walshaw 1994).



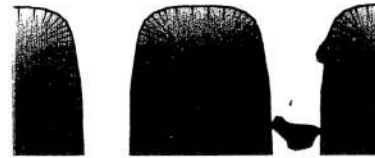
**Abbildung 2.2:** Schematische Darstellung der Kavitätenwand nach der Präparation. Die Oberfläche der Kavität ist von einer Schmierschicht bedeckt, die in die Dentintubuli eindringt.



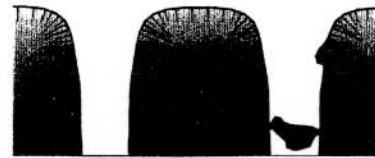
**Abbildung 2.3:** Vorbereitung des Dentins nach dem Auftrag des Dentinadhäsivs (30 Sek. Einreiben). Phase des Einwirkens der Maleinsäurekomponente. Die Schmierschicht ist aufgelöst, die Eingänge der Dentintubuli sind erweitert, im Dentintubulum ist ein festes, nichtaufgelöstes Teilchen der Schmierschicht sichtbar. Das Kollagen im peri- und intertubulär penetrierten und dekalzifizierten Dentin ist für die weitere Bindung vorbereitet.



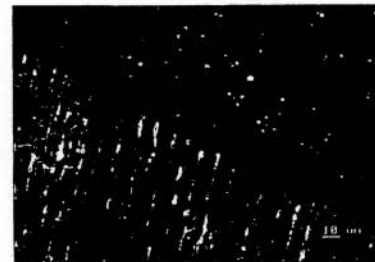
**Abbildung 2.4:** Abbindungsphase, Wirkung der hydrophilen Monomere. Bindung auf der modifizierten Dentinoberfläche. Ausfüllen der nach der Demineralisierung des Dentins entstandenen Räume und Infiltration des freigelegten Kollagens.



**Abbildung 2.5:** Darstellung der Bindung des Dentins an das Adhäsiv und der vollständige Verschluß der Dentintubuli.



**Abbildung 2.6:** Schematische Darstellung einer gefüllten Kavität mit adhäsiv befestigtem Komposit.



**Abbildung 2.7:** Abbildung der Kompositfüllung im Phasenkontrastmikroskop. Im unteren Teil sind adhäsivimprägnierte Dentintubuli zu sehen, dazwischen die feingekörnte rötliche Bonding-Zwischenschicht und oben die gekörnte Struktur der Kompositfüllung (Abbildungen sind Heraeus Kulzer-Aufnahmen und nicht publiziert).

## 2 Literaturübersicht

### 2.4 Klinische Evaluation

Als einer der ersten Ansätze für eine systematische, klinische Beurteilung von Füllungsworkstoffen wird die Entwicklung des U. S. Public Health Service Bewertungssystems (= USPHS-Kriterien) durch Cvar (1971) und Ryge (1973) betrachtet. Es handelt sich um ein Bewertungssystem, mit dem Füllungen unter klinischen Gesichtspunkten wie zum Beispiel Anatomische Form, Randschluß, Oberflächenzustand, Approximalkontakt oder Farbe in verschiedene Kategorien eingeteilt werden können (Tab. 2.4). Die Verschleißbeurteilung entspricht den Kriterien "Anatomische Form" und "Oberflächenzustand".

**Tab. 2.4:** Bewertungsschema nach Ryge (1973) in der Übersetzung von Pieper (1988):

Kategorie	Gesamt-Interpretation aller Kriterien
A	Die Füllung ist von ausgezeichneter Qualität und der Schutz von Zahn und umgebendem Gewebe ist gewährleistet.
B	Die Füllung ist von akzeptabler Qualität, weist jedoch eine oder mehrere Detailabweichungen vom Ideal auf.
C	Die Qualität der Füllung ist nicht akzeptabel und zukünftige Schäden von Zahn und umgebendem Gewebe sind mit großer Wahrscheinlichkeit abzusehen.
D	Die Qualität der Füllung ist nicht akzeptabel - Schäden von Zahn und umgebendem Gewebe sind objektivierbar.

Die Beschreibung dieser Kriterien ist in Tab.2.5 zusammengefaßt. Nach Ryge (1980) wird die Untersuchung von zwei unabhängigen kalibrierten Untersuchern klinisch mit Spiegel und Sonde durchgeführt. In vorgeschalteten Kalibrierungssitzungen werden die Untersucher geschult, eine möglichst hohe Übereinstimmung zu erzielen. Die Beurteilung wird durch dichotome Entscheidungen in ja/nein-Kategorien erleichtert. Die Übereinstimmung muß mindestens 85 % betragen. Die USPHS-Kriterien wurden ursprünglich für Zementfüllungen entwickelt und mußten zur Beurteilung aktueller Restaurationsmaterialien mehrfach modifiziert werden (McComb 1985). Die aktuellste Modifikation stammt von Pelka (1994). Die Modifikationen versuchen, die Handhabung durch Angabe (willkürlicher) metrischer Daten zu verbessern und die Kriterien an die Untersuchung von Adhäsivinlayversorgungen anzupassen. Hinsichtlich des Kriteriums "Oberflächenzustand" geben die Autoren einen Kappa-Wert von 0.33 als "inter-examiner reliability" an, was nur einer schwachen Untersucherübereinstimmung entspricht.

## Literaturübersicht 2

**Tab. 2.5:** Operationalisierung der Kriterien „Anatomische Form“ und „Oberflächenzustand“ nach Ryge (1973) in der Übersetzung von Pieper (1988).

Kriterium	Anatomische Form	Oberflächenzustand
A	Kontur der Füllung stimmt mit der anatomischen Kontur des Zahnes gut überein und die Füllung zeigt Hocker, Facetten, Fissuren, Randleisten und funktionelle okklusale Kontakte	Oberfläche glatt, keine Irritation der angrenzenden Gewebe
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- leicht unterkonturiert</li> <li>- Höcker und facetten stimmen nicht ganz</li> <li>- Okklusionshöhe stellenweise unternügend</li> <li>- Randleisten unterkonturiert</li> <li>- Kontaktflächen (korrigierbar)</li> <li>- Füllung labial bzw. lingual/palatinal zu flach</li> <li>- zerviko-approximal etwas unterunterkonturiert</li> <li>- Füllung etwas überkonturiert (korrigierbar)</li> </ul>	Oberfläche ist leicht uneben oder rauch, kann aber poliert werden
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Füllung unterkonturiert</li> <li>- Dentin ist exponiert</li> <li>- gestörte Okklusion</li> <li>- Kontakte fehlen (unkorrigierbar)</li> <li>- zervikal unterkonturiert (Weichgewebsschäden den vermutlich vorhanden)</li> <li>- Füllung überkonturiert (nicht korrigierbar)</li> <li>- marginale Überschüsse</li> </ul>	Oberfläche ist stark rauch (Gruben und Furchen, die durch Modellieren nicht korrigierbar sind)
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- traumatische Okklusion</li> <li>- Füllung verursacht Schmerzen im Zahn und/oder am umliegenden Gewebe</li> </ul>	Oberfläche frakturiert, Abschürfungen bei Kunststofffüllungen



**3.1 Zielsetzung der klinischen Studie**

Die Firma Kulzer hat in den letzten 5 Jahren in rascher Folge Werkstoffe mit verschiedenen, zentralen Eigenschaften entwickelt. Als klassisches Feinpartikel-hybridkomposit steht das Komposit Charisma F zur Verfügung.

Das zunächst als Verblendmaterial entwickelte Komposit Artglass wird auch für die Indikation Kompositinlay angegeben. Artglass unterscheidet sich von Charisma durch die Füllkörperzusammensetzung. Marketingtechnisch besonders hervorgehoben ("Polyglas") wird allerdings die unterschiedliche Matrix, die über polyvalente Verknüpfersysteme als besonders "zäh" charakterisiert ist. Unter Zähigkeit wird ein hoher Widerstand gegen Rißausbreitung verstanden. Die Optimierung erfolgt mit ungekerbten Proben im Schlagzähigkeitsversuch, was im Gegensatz zur unterkritischen klinischen Belastung einer überkritischen Belastung entspricht.

Seit April 1997 steht auch das Füllungsmaterial Solitaire zur Verfügung, das neben der "Polyglas-Matrix" ein innovatives Füllkörpersystem mit porösen Füllstoffen sowie modifizierten Mikrofüllerpartikeln enthält und neben einer deutlichen Reduktion der Polymerisationskontraktion und einer verbesserten Stopfbarkeit zur Folge haben soll. In vitro hatte das Komposit außerdem eine gute Verschleißbeständigkeit (Kunzelmann 1998 - AADR, Minneapolis).

Da zu Artglass und Solitaire keine klinischen Daten vorliegen, war es das Ziel im Rahmen dieser Studie diese beiden Materialien zu untersuchen, um den Einfluß o. g. Überlegungen auf die klinische Bewährung dieser Materialien eruieren zu können. Als Vergleichsgruppen wurde das Komposit Charisma F sowie Amalgamfüllungen gewählt. Besondere Bedeutung wird der Tatsache beigemessen, daß alle Füllungen von einem Behandler gelegt wurden, so daß die Behandlervariable für die vorliegende Studie vernachlässigbar sein sollte. Soweit vertretbar und von den Patienten akzeptiert wurde darüberhinaus die Versorgung mit mehreren Füllungsmaterialien pro Patient angestrebt. Neben der subjektiven Auswertung sollte die Dokumentation für Präzisionsuntersuchungen im Labor vorgenommen werden, um später durch objektive Untersuchungen die klinische Beurteilung überprüfen zu können.

**4.1 Verwendete Materialien**

In der vorliegenden klinischen Studie wurden für die Anfertigung von direkten plastischen Kompositfüllungen die Füllungsmaterialien Charisma (Kulzer, Wehrheim) und Solitaire (Kulzer, Kulzer, Wehrheim) verwendet. Zur Anfertigung der Kompositinlays wurde das Material Artglass (Kulzer, Wehrheim) verwendet und als Kontrollgruppe die Amalgame Ana 3000 Duett (Nordiska Dental AG, Ängelholm, S) und Oraloy Magicap S (Coltène AG, Altstätten, CH).

**4.2 Patientengut**

Alle Patienten wurden vor der Aufnahme in die Studie durch den Behandler über den Aufwand, die Protokollführung und den zeitlichen Verlauf aufgeklärt. Die Patienten waren mit dem Einsatz verschiedener Füllungsmaterialien sowie der Teilnahme an den Nachuntersuchungen nach 6 Monaten und nach einem Jahr einverstanden. Zum Studienbeginn waren alle Patienten gesund. Die Untersuchung wurde als "postmarketing study" durchgeführt, denn alle verwendeten Materialien existierten bereits auf dem Markt. Folglich mußten die Patienten lediglich über die Art und Zielsetzung der Untersuchung informiert werden und wurden mit ihrer mündlichen Einverständniserklärung in die Studie aufgenommen.

**4.3 Behandlungssitzung**

In der Behandlungssitzung wurde eine klinische Befunderhebung anhand speziell für diese Studie entworfener Befundbögen (Allgemeine Befunderhebung, Nachuntersuchungsbogen „baseline“) durchgeführt. Dabei wurden bereits die für die Studie geeigneten Zähne ausgewählt. Es wurde angestrebt, bei einem Patienten möglichst viele der in der Studie verwendeten Materialien gleichzeitig anzuwenden. Aufgrund des ästhetischen Nachteiles von Amalgam wurden Amalgamfüllungen dem Wunsch der Patienten entsprechend nicht zufällig auf die jeweiligen Kavitäten verteilt. Tendenziell wurde Amalgam daher häufiger im Oberkiefer als im Unterkiefer angewendet. Gleichzeitig wurden häufiger Molaren als Prämolaren mit Amalgamfüllungen versorgt. Diese Abweichung von einer zufälligen Zuordnung der Füllungen zu den Kavitäten mußte unter den besonderen Umständen der Durchführung einer umfangreichen klinischen Studie in einer privaten zahnärztlichen Praxis in Kauf genommen werden, da sich alle Patienten freiwillig zu der Studie bereit erklärt hatten, dafür bereit waren, wesentlich mehr Zeit zu investieren und auch die unangenehme Dokumentation auf sich zu nehmen, ohne einen persönlichen Vorteil zu erlangen. In ähnlicher Weise ergab sich für Artglass-Inlays eine Verschiebung der Kavitätengröße, da hier aufgrund der weniger substanzschonenden Präparation eher größere Kavitäten mit Artglass-Inlays versorgt wurden.

Die klinische Beurteilung der Füllungen nach den modifizierten USPHS-Kriterien sowie die Foto- und Modelldokumentation erfolgte bei Adhäsivrestaurationen nach einer Woche bzw. bei Amalgamfüllungen während der Politursitzung.

### 4.4. Dokumentation

#### 4.4.1 Allgemeine Befunderhebung

Im Protokollkopf wurde der Name des Patienten, das Datum der Versorgung mit der Füllung und die Patientennummer der Karteikarte des Patienten eingetragen. Alle im Protokoll beschriebenen Parameter wurden zur Erleichterung der weiteren automatischen Datenverarbeitung nummeriert.

Folgende Parameter wurden dokumentiert:

##### 4.4.1.1. Zahn

In Frage kamen alle Prämolaren und Molaren. Diese 20 Zähne (von Zahn 14 bis 48) wurden mit den laufenden Zahlen 1 bis 20 gekennzeichnet.

##### 4.4.1.2. Füllungsflächen

Die Füllungsflächen wurden mit Buchstabencodes versehen (m für mesial, o für okklusal, d für distal, p für palatinal, v für vestibulär), die aneinandergereiht wurden, z.B. "modpv" für eine fünfflächige Füllung mit den Flächen mesial-okklusal-distal-palatinal-vestibulär. Damit sind 20 unterschiedliche Flächenkombinationen an einem Zahn möglich.

##### 4.4.1.3. Materialwahl

3 Möglichkeiten wurden hier festgelegt: eine Komposit- bzw. Amalgamfüllung oder ein Artglass-Inlay.

##### 4.4.1.4. Behandlung tiefer Karies

Da sich der Beobachtungszeitraum über längere Zeit erstreckt, kann es aufgrund der Notwendigkeit, eine endodontische Behandlung durchzuführen, zu einer Veränderung der Füllung kommen. In einem solchen Fall muß zwischen Veränderungen aufgrund schlechter Verarbeitung, aufgrund von Materialfehlern oder äußeren Beschädigungen unterschieden werden.

##### 4.4.1.5. Zirkuläre Schmelzbegrenzung

Der Verbund zu Schmelz mittels der Schmelzätztechnik ist hinsichtlich der marginalen Adaptation wesentlich beständiger als der Verbund zu Dentin.

#### 4.4.1.6. Sensibilität

Die Sensibilität des Zahnes wurde nach dem Füllen der Kavität ermittelt. Wenn eine Empfindlichkeit festzustellen war, wurde dokumentiert, ob sie verfrüht / verstärkt bzw. verzögert / schwach ist.

#### 4.4.1.7. Versorgungsmaterial

Zur Verfügung standen die Amalgame Oralloy und Ana 3000. Artglass wurde für Inlays verwendet, Charisma und Solitaire wurden für Kompositfüllungen verwendet. Letzteres hatte zur Zeit der Durchführung der Studie noch keine kommerzielle Benennung, deshalb wurde es als „Experimentelles Material / Kulzer“ bezeichnet.

#### 4.4.1.8. Dentinbondingsystem

Bei Amalgamfüllungen wurde kein Dentinbondingsystem verwendet. Bei allen anderen wurde Solid Bond P und Solid Bond S (auch Denthese II und Adhesive Bond) verwendet.

#### 4.4.1.9. Unterfüllung

Die Bezeichnung „null“ bedeutet automatisch eine chemische Imprägnierung (vgl. lfd. Nr. 8). Das Harvard Phosphatzement wurde in der Regel als Unterfüllung von Amalgamfüllungen verwendet. Calcimol und Nu-Cap sind CaOH-Zemente, die als Unterfüllung in tiefen Bereichen der Kavitäten verwendet wurden. Vitrebond ist ein Glasionomierzement, das ungeachtet des Füllungsmaterials in tiefen Kavitäten angewendet wurde.

#### 4.4.1.10. Befestigungszement

Die Bezeichnung „keiner“ wurde bei Komposit- und Amalgamfüllungen gesetzt. Twinlook und KROZ wurden für die Zementierung von Artglass-Inlays eingesetzt. KROZ war ebenfalls eine vorläufige Bezeichnung für 2 Bond 2 Universalkit, das während der Laufzeit der Studie noch nicht auf dem Markt war.

#### 4.4.1.11. Klinische Lockerung nach DGP von I – III

In die Bewertung einbezogen wurden der versorgte Zahn und dessen mesialer und distaler Antagonist. Eine Sonderrubrik wurde eingeführt für den Fall, daß einer davon fehlte. Die Daten sind objektiv besser vergleichbar, wenn bekannt ist, ob eine Zahnücke vorhanden ist.

#### 4.4.1.12. Der mesiale und distale Antagonist nach Versorgungsart

Die Klassifizierungen waren: 1. keiner - keine Kontrolle, 2. natürlicher Zahn, 3. Amalgamfüllung, 4. Kompositfüllung, 5. Keramik (Inlay oder Krone), 6. Gold (Inlay oder Krone), 7. andere Leguren und 8. Antagonist im Beobachtungszeitraum mit neuer Füllung versorgt.

#### 4.4.2. Dokumentationsmodelle

Zur Dokumentation wurden mehrere Modelle hergestellt: Ein Gipsmodell (Fuji Rock, GC) der Präparation. Ein weiteres mit fertiggestellter Füllung. Ein Harzmodell der Füllung (Epoxy-Die, Vivadent) angefertigt. Nachträglich wurde auch ein Gipsmodell der Antagonisten in die Dokumentation aufgenommen. In den Aufbewahrungskästen wurde folgende Reihenfolge eingehalten: Modell der Präparation, Modell der Füllung, Modelle der Antagonisten (alle aus Gips), und ein Harzmodell der Füllung.

Es wurde jeweils eine Aufnahme (Kleinbild-Dia) mit Okklusions- (blau) und Artikulationskontakten (rot) angefertigt. Röntgenaufnahmen wurden nur zu Beginn der Studie angefertigt. Während der Studie machte sich eine starke Abneigung der Patienten gegen Röntgenaufnahmen bemerkbar. Deshalb wurde auf Röntgenaufnahmen im weiteren Verlauf der Studie verzichtet.

#### 4.4.3 Nachuntersuchungen

Die Füllungen wurden nach den modifizierten USPHS-Kriterien kontrolliert. Jedes Kriterium wird in vier Gruppen von 0 bis 3 eingeteilt. Dabei bedeutet 0 = alpha (hervorragend), 1 = bravo (akzeptabel), 2 = charlie (Erneuerung zur Prävention; anlässlich des nächsten Besuches auszutauschen), und 3 = delta (sofort Erneuern; die Füllung ist auf jeden Fall sofort zu erneuern). Zeitplan der Nachuntersuchungen

Ein Vorgehen nach CEN-Kriterien mit Training und Kalibrierung verschiedener Nachuntersucher war im Rahmen dieser Dissertation organisatorisch nicht möglich. Die Nachuntersuchung wurde vom Behandler durchgeführt. Aufgrund der umfangreichen Dokumentation können die Befunde jedoch anhand der Laboruntersuchungen objektiviert werden.

Drei Nachuntersuchungsbögen wurden für jeden Zahn ausgefüllt: eine Woche, ein halbes Jahr und ein Jahr nach dem Legen der Füllung.

Die Ausgangsdokumentation wurde eine Woche nach der Versorgung mit der Füllung durchgeführt. Bei Amalgamfüllungen wurde die Ausgangssituation in der gleichen Sitzung dokumentiert, in der die Amalgamfüllung poliert wurde. Der Dokumentationsbogen wurde ausgefüllt, Abdrücke und Dia-Aufnahmen angefertigt.

Die zweite Kontrolle wurde nach sechs Monaten durchgeführt, wobei erneut der Nachuntersuchungsbogen ausgefüllt wurde. Gleichzeitig wurden erneut Abformungen sowie Fotos angefertigt.

Die dritte Kontrolle fand nach einem Jahr statt. Zwischen den Kontrollen wurden in der Regel keine Füllungen gelegt bzw. okklusal verändert, weil das die Verschleißauswertung beeinflussen hätte können.

Regelmäßig wurden allerdings harte und weiche Zahnbeläge beseitigt. Gleichzeitig wurde die Mundhygiene, der Zustand der übrigen Zahngewebe und der Parodontien im Sinne einer zahnärztlichen Routineuntersuchung kontrolliert. Für den Fall, daß eine Füllung am Antagonisten

eines in der Studie erfaßten Zahnes erneuerungsbedürftig war, wurde dies in einer Sonderrubrik des Dokumentationsbogens registriert.

Alle Nachuntersuchungen, Abdrücke und Aufnahmen wurden vom Autor selbst durchgeführt. Das selbe gilt für das Ausfüllen der Dokumentationsprotokolle, die Bewertung der Ergebnisse und die Dateneingabe in den Computer.

#### 4.4.3.1 Nachuntersuchungsbogen

Der Kopf des Nachuntersuchungsbogens enthält folgende Daten: Nachuntersuchungsart (eine Woche, ein halbes Jahr, ein Jahr), Zahnkodierung, Füllungsflächen, Material, Patientennummer, Behandler (der jeweiligen Nachuntersuchung), Datum und Name des Patienten. Folgende Parameter wurden während des Beobachtungszeitraumes kontrolliert:

##### A) Oberfläche

1. Glatt (0 = alpha); 2. Leicht rau (1 = bravo); 3. Stark rau (2 = charlie); 4. Oberflächenfraktur und 5. Abblätterung (3 = delta).

##### B) Farbanpassung

1. exzellent (0); 2. etwas zu hell; 3. etwas zu dunkel; 4. etwas zu transparent; 5. etwas zu opak (1); 6. viel zu hell; 7. viel zu dunkel; 8. viel zu transparent; 9. viel zu opak (2). Nachträglich wurde die Kodierung "77" für Amalgamfüllungen (keine Farbanpassung bestimmbar) ins Protokoll aufgenommen.

##### C) Anatomische Form (Konturierung)

1. exzellent (0); 2. leicht unterkonturiert; 3. leicht überkonturiert (1); 4. stark unterkonturiert (2).

#### 4 Material und Methode

##### D) Anatomische Form (Übergang)

1. nicht tastbar; 2. leicht negative Stufe; 3. leicht positive Stufe (1); 4. stark negative Stufe; 5. stark positive Stufe (2)

##### E) Marginale Integrität

1. kein Randspalt sondierbar (0); 2. Randspalt - negative Klebestufe; 3. Klebetüberschuß (1); 4. Randspalt (Dentin); 5. Randspalt (Unterfüllung) (2); 6. Restauration locker; 7. Sekundärkaries (3).

##### F) Randspaltverfärbung

1. keine Verfärbung (0); 2. geringe Verfärbung (1); 3. deutlich starke Verfärbung (2); 4. Sekundärkaries (3)

##### G) Integrität des Zahnes

1. exzellent (0); 2. Absplitterung (rekonturierbar); 3. Haarriß (1); 4. Absplitterung (nicht rekonturierbar); 5. Absplitterung (Dentin oder Unterfüllung frei); 6. Riß (sondierbar); 7. Höcker- bzw. Zahnfraktur (3).

##### H) Integrität der Füllung

1. exzellent (0); 2. Absplitterung (rekonturierbar); 3. Rißbild (nicht durchgehend) (1); 4. Absplitterung (nicht rekonturierbar); 5. Absplitterung (Dentin oder Unterfüllung frei); 6. Riß (durchgehend); 7. Fraktur mit Lockerung / Verlust (3).

##### I) Okklusion und Artikulation

1. exzellent (0); 2. wenig okklusive Kontakte; 3. große Okklusionskontakte; 4. überhöhte Okklusion; 5. laterotrusive Kontakte; 6. mesiotrusive Kontakte (1); 7. Infraokklusion; 8. Traumatische Okklusion / Artikulation; 9. Miopathien; 10. Arthropathien (2). 11. Inlayfraktur wegen Okklusion / Artikulation; 12. Zahnfraktur wegen Okklusion / Artikulation; 13. Kein Antagonist (3). Während der Beobachtungszeit stellte sich noch eine Kieferrelation heraus: durch anatomische Besonderheiten kommt es zu einer unvollständigen Okklusion, deshalb wurde der Wert "88 - Malokklusion" hinzugefügt.

##### J) Approximalkontakt

Die Bewertung erfolgte gesondert für mesial und distal: 1. physiologisch durchgängig (0); 2. etwas zu schwach; 3. Etwas zu stark (1); 4. viel zu schwach (2); 5. Traumatisierung der Papille; 6. entfällt, da keine entsprechende Füllung (3). Während des Beobachtungszeitraumes wurde noch ein Wert hinzugefügt "99 - kein Kontakt, Nachbarzahn fehlt".

#### Material und Methode 4

##### K) Sensibilität

1. Positiv / negativ bei negativem Ausgangsbefund (0); 2. Verfrüht / verstärkt; 3. verzögert / schwach (1). 4. stark verfrüht / verstärkt; 5. stark verzögert / schwach (2); 6. negativ bei positivem Ausgangsbefund (3)

##### L) Gingiva

Bewertung gesondert für mesial und distal: 1. unauffällig (0); 2. leicht entzündet wegen Spalt; 3. leicht entzündet wegen Klebeüberschuß; 4. leicht entzündet wegen positiver / negativer Stufe; 5. leicht entzündet wegen Rauigkeit der Füllung; 6. leicht entzündet wegen zu breitem Approximalraum (1); 7. stark entzündet wegen Spalt; 8. stark entzündet wegen Klebeüberschuß; 9. stark entzündet wegen positiver / negativer Stufe; 10. stark entzündet wegen Rauigkeit der Füllung; 11. stark entzündet wegen zu breitem Approximalraum (2); 12. Parodontitis (durch Füllung verursacht); 13. Bewertung unmöglich, da Approximalraum durch die Füllung ausgefüllt (3).

##### M) Beschwerden, wenn Zusatzbehandlung nötig war

1. keine (0); 2. leicht empfindlich auf heiß / kalt; 3. leicht empfindlich auf süß / sauer; 4. leicht empfindlich auf Belastung; 5. leicht empfindlich auf Entlastung; 6. leicht spontan; 7. Schmerzen behebbar; bis zu vier Wochen bzw. ohne Therapie bzw. mit erträglichen Schmerzen (1); 8. stark empfindlich heiß / kalt; 9. stark empfindlich süß / sauer; 10. stark empfindlich auf Belastung; 11. stark empfindlich auf Entlastung; 12. stark spontan, starker Schmerz, Entfernung; 13. Wurzelkanaltherapie notwendig; 14. Zahnextraktion notwendig.

##### N) Hinweise des Patienten:

1. exzellent (0); 2. zufrieden (1); 3. Kritik bezüglich der Ästhetik; 4. Kritik bezüglich des Kaukomforts; 5. Kritik aufgrund von Beschwerden; 6. Kritik bezüglich des Zeitaufwandes (2); 7. völlig unzufrieden (3).

##### O) Gesamtbeurteilung der Füllung

1. sehr gut (0); 2. kleine Mängel, klinisch akzeptabel (1); 3. größere Mängel, gelegentlich erneuern (2); 4. Füllung sofort erneuern (3). Ebenfalls dokumentiert wurde erneut die Bestimmung der Zahnlockerung nach DGP von 0 bis III für den behandelten Zahn und beide Antagonisten.

##### Antagonist mesial / Antagonist distal (getrennt bewertet)

1. kein Kontakt; 2. natürlicher Zahn; 3. Amalgamfüllung; 4. Kompositfüllung oder Inlay; 5. Keramikfüllung oder Inlay; 6. Goldkrone oder Inlay; 7. Krone oder Inlay aus anderen Dentallegierungen; 8. Antagonist wurde im Beobachtungszeitraum mit neuer Füllung versorgt.



#### 4 Material und Methode

##### Versorgung sofort zu erneuern

1. Ja; 2. Nein.

##### Wurde seit der letzten Erhebung eine zahnärztliche Behandlung durchgeführt?

1. Nein; 2. Ja, aber ohne okklusionstragende Restaurationen (bzw. an den Zähnen des Frontzahnereiches); 3. Ja, an anderen Zähnen wurden okklusionstragende Restaurationen angefertigt.

##### 4.4.3.1.1. Übersicht der Zusatzdokumentation

**Dia-Aufnahme** des Zahnes mit Kontaktpunkten: Okklusion - blau, Artikulation - rot: Ja - Nein

**Silikonabdruck** der Füllung: Ja - Nein. Dieser Punkt diente nur der Ablaufkontrolle, um sicher zu stellen, daß der Dokumentationsabdruck angefertigt vorliegt. Um dem Patienten einen weiteren Abdruck zu ersparen, wurde jeder Abdruck zweimal ausgegossen. Als erstes wurde ein Epoxy-Die-Modell für die spätere REM-Auswertung angefertigt, da hier eine höhere Detailzeichnung erforderlich ist. Als zweites wurde der Abdruck mit Fuji Rock Superhartgips ausgegossen, um die 3D-Vermessung zur Verschleißquantifizierung vornehmen zu können.

##### 4.5. Präparation

Alle Präparationen wurden mit einer Turbine (Super Torque, Kavo, Biberach) durchgeführt. Verwendet wurden bimen- oder kugelförmige Diamantinstrumente (Dica) der Größen 10, 12 und 14. Nach fünf Präparationen wurde der Bohrer entsorgt. Entsprechend der Dica-Kodierung erfolgte die Primärpräparation mit grüncodierten Diamantbohrern, während die Sekundärpräparation (Finieren) mit gelbkodierten Instrumenten erfolgte. Die Kavitäten wurden nach der Sekundärpräparation mit  $H_2O_2$  (3%) desinfiziert. Da bei allen Kavitäten, die subgingivale Anteile hatten, eine Gingivektomie vorgenommen wurde, um die Präparationsgrenze darzustellen, diente dies gleichzeitig der Blutstillung.

Die Präparationen für Amalgamfüllungen wurden nach den Blackschen Grundsätzen zur Zahnkavitätenpräparation durchgeführt. An Zähnen, die schon früher mit Füllungen versorgt waren, wurde die Präparation auf die Beseitigung aller Reste der alten Füllungsmaterialien und die Reinigung bis in gesundes Dentin beschränkt.

Die Kavitäten für Artglass-Inlays wurden parallelwandig präpariert. Approximal wurden kastenförmige Extensionen präpariert.

Für die Präparation der Kavitäten für Kompositfüllungen wurden die Präparationsregeln nach Black hinsichtlich der Adhäsivtechnik modifiziert. Die Präparation beschränkte sich auf das Schaffen einer Zugangskavität. Karies wurde unterminierend exkaviert, so daß die Form oft

#### Material und Methode 4

unregelmäßig war. Durch die Adhäsion mittels Dentinadhäsiven wurde auf die Präparation einer retentiven Kavität verzichtet.

In dieser Studie wurden außer der Einteilung nach der Zahl der präparierten Flächen die Präparationen auch in zwei Gruppen zusammengefaßt. Eine Gruppe enthält diejenigen Füllungen, bei welchen eine zirkuläre Schmelzbegrenzung vorlag, die andere umfaßt solche, die teilweise durch Dentin und / oder Zement begrenzt waren.

##### 4.6. Restaurationstechnik

Alle Restaurationen wurden unter relativer Trockenheit (kein Kofferdam, Trockenhalten mit Watterollen, Absaugtechnik und Matrize) gelegt. Bei zahnfärbenden Füllungen erfolgte die Farbauswahl nach der Präparation und Kariesentfernung. Es wurde die Farbmuster des jeweiligen Materiales verwendet, wobei vom Hersteller das Vita-Farbschema verwendet wurde. Bei Solitaire standen nur 3 Farben zur Verfügung, so daß nicht in jedem Fall eine optimale Farbgebung möglich war.

Bei Caries profunda wurden pulpanahe Anteile der Kavität mit den selbsthärtenden Calciumhydroxidpräparaten Nu-cap (Vivadent, Schaan, Li) oder Calcimol (Voco, Cuxhaven, D) abgedeckt. Bei Amalgamfüllungen wurde anschließend eine Phosphatzement - Unterfüllung (Harvard, Richter, Berlin) appliziert. Bei sehr tiefen Adhäsivrestaurationen wurde nach dem klinischen Ermessen des Behandlers ebenfalls eine Unterfüllung aus kunststoffmodifiziertem Glasionomerezement (Vitrebond, 3M, Borken) gelegt. Bei den Adhäsivrestaurationen wurde im allgemeinen jedoch auf eine Unterfüllung zugunsten der „total bonding“-Technik verzichtet.

Mehrflächige Amalgamfüllungen wurden mit Hilfe von Stahlmatrizen (50 µm dick) geformt, die zervikal mit Holzkeilen adaptiert waren. Adhäsivrestaurationen einschließlich der Artglass-Inlays wurden mit transparenten Matrizen verarbeitet, die mit Hilfe eines Matrizenhalters zirkulär adaptiert wurden und zervikal ebenfalls mit Holzkeilen abgedichtet waren.

Entsprechend der Herstellerangaben wurde die Triturationszeit der Amalgamfüllungen bei Kapseln der Größe 1 auf 5 s, Kapseln der Größe 2 auf 6 s und Kapseln der Größe 3 auf 7 s Mischzeit des Silmat-Amalgammischers (Vivadent, Schaan, Li) eingestellt. Die Kondensation erfolgte in mehreren Inkrementen manuell. Die Kauflächen wurden mit einem Heidemann-Spatel und dem Frame-Instrument gestaltet. Die Amalgamfüllungen wurden nach einer Woche ohne Spraykühlung ausgearbeitet (Hartmetallfinierer, Schlagpolierer mit Riefen, Schlagpolierer glatt, ca. 8000 U/min, blaues Winkelstück - KaVo).

Dentin und Schmelz wurden bei allen Adhäsivrestaurationen im Sinne der „total-etch“-Technik mit Phosphorsäuregel (Estizid-Gel 18 %, Kulzer, Wehrheim) 15 s geätzt und anschließend 15 s mit einem Luft-Wasser-Gemisch aus der zahnärztlichen Multifunktionsspritze abgesprayed. Die Oberfläche wurde mit Luft solange getrocknet, bis das Ätzmuster im Schmelz sichtbar wurde. Charisma-Füllungen wurde immer zusammen mit Dentheseive II verarbeitet. Solitaire wurde anfangs mit Dentheseive II kombiniert. Erst ab November 1996 stand für Solitaire das dafür entwickelte neue Dentinadhäsiv Adhesive Bond P (das zusammen mit Adhesive Bond S verarbeitet wurde) zur Verfügung, so daß ab diesem Zeitpunkt alle Solitaire-Füllungen mit Adhesive Bond P und S gelegt wurden. Die Dentinvorbehandlung der Artglass-Inlays wurde ebenfalls bis November 1996 mit Dentheseive II und ab November 1996 mit Adhesive Bond P und S vorgenommen. Adhesive Bond P wurde sowohl bei Solitaire als auch bei Artglass-Inlays 10 s appliziert, dann mit Luft dünn ausgeblasen und anschließend wurde Adhesive Bond S aufgetragen, ebenfalls mit Luft verteilt. Bei Adhäsivfüllungen (Charisma und Solitaire) wurde das jeweilige Bonding sowohl in Kombination mit Dentheseive II als auch mit Adhesive Bond P gemeinsam mit der ersten Schicht Komposit (1–2 mm Dicke) polymerisiert. Bei den Artglass-Inlays wurde das Adhesive Bond S gemeinsam mit dem Befestigungskomposit ausgehärtet.

Zum Einsetzen der Artglass-Inlays wurde zwei verschiedene Befestigungs-komposite verwendet. Auch hier stand erst ab November 1996 das neu entwickelte Befestigungskomposit 2 Bond 2 zur Verfügung, so daß die Artglass-Inlays vorher mit dem Material Twinlook eingesetzt wurden. Ab November 1996 wurden alle Artglass-Inlays mit 2 Bond 2 eingesetzt. Die approximale Überschußkontrolle war durch die zirkulär geschlossene und zervikal verkeilte Matrize gewährleistet. Okklusal wurden die großen Überschüsse im nicht polymerisierten Zustand mit weichen, weißen Polierbürstchen entfernt. Vor der Polymerisation wurde der korrekte Sitz der Inlays kontrolliert, dabei wurde ein geringer Überschuß an Befestigungskomposit belassen, der nach der Polymerisation mit Finierdiamanten und grünen Kompositpolierer (Vivadent, Schaan, Li) entfernt wurde. Auf diese Weise war die Anwendung von Glyceringel überflüssig, da die Sauerstoffinhibitionsschicht mit den rotierenden Instrumenten entfernt wurde.

Das Befestigungskomposit wurde erst von okklusal polymerisiert. Anschließend wurden die approximalen Extensionen von bukkal und lingual gehärtet. Die Dauer der okklusalen Polymerisation war 40 s bei Prämolaren. Bei Molaren wurde jeweils der mesiale bzw. der distale Anteil des Inlays ebenfalls 40 s polymerisiert. Die approximalen Extensionen wurden von bukkal und von lingual jeweils 20 s polymerisiert. Zur Aushärtung wurde das Polymerisationsgerät Translux CL (Kulzer, Wehrheim, D) verwendet. Die plastischen Füllungen wurden in mehreren Inkrementen gelegt, wobei jedes Inkrement zwischen 1–2 mm dick war. Die Schichtung erfolgte horizontal.

Jedes Inkrement wurde von 40 s von okklusal belichtet und nach dem Fertigstellen ebenfalls in jeder approximalen Extension von bukkal und lingual jeweils 20 s polymerisiert.

#### 4.7. Herstellung der Artglass-Inlays

##### 4.7.1 Abformung und Herstellung der Inlays

Falls erforderlich wurde bei subgingivaler Präparation die Präparationsgrenze durch eine Gingivektomie dargestellt. Die fertig präparierte Kavität wurde anschließend mit einem kondensationsvernetztem Abform-Silikon (Hydrogum, Zermack = Putty, Zermack, Oranwash = Korrekturmasse) abgeformt. Im zahntechnischen Labor wurde der Abdruck zweimal ausgegossen. Das erste Modell wurde als Arbeitsmodell verwendet, das zweite Modell diente der Dokumentation der Kavitätengeometrie. Die Modelle wurden aus Fuji Rock (GC, Belgien) hergestellt.

Das Arbeitsmodell wurde mit Insulatin-Gel (Kulzer) isoliert. Die gesamte Kavität wurde mit einer ca. 1 mm dicken Schicht Artglass Opaque ausgekleidet. Diese Schicht wurde 90 s im Polymerisationsgerät Uni XS (Kulzer) ausgehärtet. Vor Applikation der weiteren Schichten wurde die Oberfläche mit Artglass Liquid benetzt. Nach einer Einwirkzeit von 2 min wurde die nächste Schicht ergänzt. Die Grobform des Inlays wurde mit einer weiteren Schicht der ausgewählten Farbe gestaltet. Nach erneuter Polymerisation und Reaktivierung der Oberfläche wurde die okklusale Feingestaltung mit Artglass transparent vorgenommen und weitere 90 s polymerisiert.

Die Ausarbeitung der Okklusalfäche erfolgte mit dem Kulzer Tool-Kit ohne Wasserkühlung nach Angaben des Herstellers.

Es schloß sich eine weitere Nachvergütung mit 180 s im Uni XS Polymerisationsgerät (Kulzer) an, bevor die Schlußpolitur ebenfalls mit dem Kulzer Tool-Kit erfolgte.

##### 4.7.2 Einsetzen der Inlays

Die Inlays wurden in die Kavität eingepaßt, wobei die marginale Adaptation und die approximalen Kontaktpunkte geprüft wurden. Die okklusale Paßgenauigkeit wurde erst nach dem definitiven Einsetzen der Inlays kontrolliert. Vor dem Einsetzen wurde das Inlay mit 70 %igem Alkohol gereinigt und mit einem Luftstrom getrocknet. Zur Vereinfachung der Handhabung des Inlays wurde dieses an dem Instrument Acu Placer befestigt (Simoncic 1992).

Die Kavität wurde adhäsiv vorbereitet (Schmelzätztechnik und Dentinadhäsiv – siehe S. 35). Vor dem Einsetzen wurde die Inlayoberfläche mit Adhesive Bond S benetzt. Das Befestigungskomposit wurde nach dem Anmischen extraoral auf die Inlayunterseite aufgetragen. Nach dem Einsetzen wurden die Überschüsse groß entfernt und das Befestigungskomposit polymerisiert (40 s pro Inlayfläche).

#### 4.8. Fotodokumentation

Die Fotodokumentation wurde mit einer Yashica Dental Eye II und Kodak Diafilm Kodakcolor 100 ASA unter standardisierten Aufnahmebedingungen vorgenommen. Prämolaren wurden mit der Vergrößerung 1,65x aufgenommen, Molaren wurden mit einer Vergrößerung von 1,45x fotografiert.

#### 4.9. Statistische Datenbearbeitung

Alle in dieser Studie erfaßten Daten wurden statistisch mit SPSS 7.0 für Windows ausgewertet. Die statistische Auswertung der modifizierten USPHS-Kriterien zur Ermittlung von Unterschieden zwischen den 4 Restaurationstechniken bzw. -materialien erfolgt nach statistischer Beratung (Dr. R.-D. Hilgers, Institut für medizinische Statistik, Informatik und Epidemiologie, Universität Köln) nach folgendem Vorgehen durchgeführt.

Die Kategorien Alpha, Bravo, Charlie und Delta wurden als Rangskala interpretiert und mit den Werten 1 bis 4 kodiert, wobei Alpha dem Wert 1 und Delta dem Wert 4 entsprach. Basierend auf der Vorannahme, daß sich im Beobachtungszeitraum primär Verschlechterungen der Füllungsqualität ergeben sollten, wurde ein Index gebildet, indem für die jeweiligen Variablen vom Wert (Zahlenkode) der Nachuntersuchung zum Zeitpunkt  $t_1$  der entsprechende Zahlenwert der Baseline-Untersuchung subtrahiert wurde. Auf diese Weise ergibt für jede Variable und jede Füllung ein Zahlenwert, der bei unveränderten Füllungen Null ist, und bei dem maximal möglichen Übergang von Alpha nach Delta den Wert 3 annimmt. Der Vergleich der Füllungen wurde mit Hilfe einer Einweg-Rangvarianz-Analyse nach Kruskal-Wallis vorgenommen. Zur Darstellung von Unterschieden zwischen einzelnen Materialkombinationen war ein U-Test nach Mann-Whitney mit entsprechender Alpha-Adjustierung (z. B. nach Bonferroni) vorgesehen.

Insgesamt wurden 58 Patienten behandelt. 21 waren männlich, 37 weiblich. Die Patienten waren zwischen 19 und 68 Jahre alt. Das Durchschnittsalter betrug 36,3 Jahre. Bei den Patienten wurden 176 Füllungen und Inlays auf Prämolaren und Molaren angefertigt. Die Füllungen wurden den in Tab. 1 aufgeführten Materialien hergestellt. Die Verteilung auf die entsprechenden Zahngruppen und Kieferhälften kann ebenfalls aus Tab. 5.1 entnommen werden.

Tab 5.1: Die Anzahl der Füllungen pro Material:

Material	Anzahl der Füllungen	Oberkiefer		Unterkiefer	
		Prämolaren	Molaren	Prämolaren	Molare
Amalgam	41	3	26	1	11
Artglass	44	6	8	5	25
Charisma	47	12	10	11	14
Solitaire (exp. Charge)	44	11	9	9	15

Aus ethischen und fachlichen Gründen konnten nicht bei jedem Patienten alle Füllungsmaterialien gleichzeitig zum Einsatz gebracht werden. Bei 6 Patienten wurden alle vier Materialien für Füllungen verwendet, 8 Patienten bekamen je drei unterschiedliche Füllungswerkstoffe. Bei allen übrigen Patienten wurden ein oder zwei unterschiedliche Materialien verwendet. Am häufigsten wurden Füllungen an dem ersten und zweiten Molaren des Ober- und Unterkiefers angefertigt.

Die zahlenmäßige Zuordnung der Füllungen nach der Flächenzahl ist aus Tab. 2 ersichtlich. Es wurden 21 einflächige, 60 zweiflächige Füllungen und 60 dreiflächige Füllungen gelegt. 23 Füllungen waren vierflächig und 12 Füllungen fünfplächig.

Hervorzuheben ist, daß die Anzahl der zweiflächigen Füllungen bei Artglass im Verhältnis zu den anderen Füllungsmaterialien etwas unterrepräsentiert ist. Charisma hatte dagegen einen etwa doppelt so hohen Anteil an zweiflächigen Füllungen.

Tab. 5.2: Füllungsanzahl in Abhängigkeit der Flächenzahl und des Materials.

Anzahl der Flächen	Anzahl der Füllungen	Amalgam	Artglass	Solitaire (exp. Charge)	Charisma
1	21	7	6	6	2
2	60	13	5	16	26
3	60	15	17	13	15
4	23	5	7	7	4
5	12	1	9	2	-

Tab. 5.3 gibt die Zahl der Füllungen mit einer zirkulären Schmelzbegrenzung im Hinblick auf die Flächenzahl der Füllung wieder. Je größer die Zahl der Flächen ist, desto seltener werden Füllungen mit einer zirkulären Schmelzbegrenzung beobachtet. Bei Füllungen über fünf Flächen weisen zwei eine zirkuläre Schmelzbegrenzung auf. Bei Füllungen über vier Flächen weisen 9 eine zirkuläre Schmelzbegrenzung auf.

Tab. 5.3: Zahl der Füllungen mit einer zirkulären Schmelzbegrenzung im Hinblick auf die Flächenzahl der Füllung wieder.

Anzahl der Flächen	zirkuläre Schmelzbegrenzung	Amalgam	Charisma	Artglass	Solitaire (exp. Charge)
2	Unterkiefer	1	13	4	7
	Oberkiefer	11	13	1	9
3	Unterkiefer	5	7	8	5
	Oberkiefer	9	8	7	8
4	Unterkiefer	3	3	5	4
	Oberkiefer	3	1	4	3
5	Unterkiefer	1	-	7	2
	Oberkiefer	-	-	2	-

In Tab. 5.4 ist die Art der Dentinwundversorgung in Abhängigkeit von der Art des Füllungsmaterials zusammengestellt. Die Versorgung mit Calciumhydroxydpräparaten erfolgte nur punktuell im Bereich pulpanaher Dentinanteile. Bei Amalgamfüllungen wurde der Kavitätenboden vollständig mit Unterfüllungsmaterial abgedeckt. Bei Adhäsivfüllungen wurden in der Regel nur pulpanahe Anteile der Kavität mit Unterfüllungsmaterial geschützt.

Tab. 5.4: Dentenschutz in Abhängigkeit von der Art des Füllungsmaterials

		Amalgam	Artglass	Charisma	Solitaire (exp. Charge)
Keine Unterfüllung	1	0	0	0	1
Harvard Phosphat Zement	22	16	2	1	3
Calcimol	5	0	1	1	3
Nu-Cap	118	21	29	40	28
Vitrebond	4	0	0	1	3
Harvard + Calcimol	2	0	0	2	0
Harvard + Nu - Cap	5	4	1	0	0
Vitrebond + Calcimol	17	0	10	0	7
Vitrebond + Nu - Cap	1	0	1	0	0
Vitrebond + Calcimol + Nu - Cap	1	0	0	0	1



In Tab. 5.5 sind die für die Verschleißanalyse interessierenden Materialien der mesialen bzw. distalen Antagonisten zusammengestellt. Bei allen gefüllten Antagonisten trat Amalgam am häufigsten als Füllungsmaterial in Erscheinung. Bei mesialen Antagonisten wurde es in 60 Fällen verwendet, bei distalen in 73 Fällen. Komposite stellten die zweithäufigste Füllungsversorgung des Antagonisten dar. An mesialen Antagonisten kam es 51 mal, an distalen 49 mal vor. Andere Materialien waren an Antagonisten wenig vertreten. Eine nennenswerte Häufigkeit an allen Antagonisten wiesen noch Kronen mit okklusaler Keramikverblendung ( $N = 13$ ) und Kronen mit Metallkaufächen ( $N = 16$ ) auf.

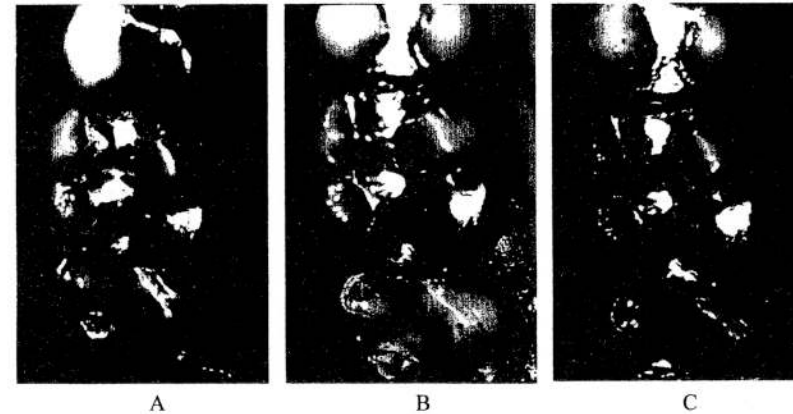
Tab. 5.5: Materialien der mesialen bzw. distalen Antagonisten zusammengestellt.

Versorgungsmaterial	Antagonist: mesial und distal						Antagonist im Beobachtungszeitraum mit neuer Füllung versorgt
	keiner/keine kontr.	natur Zahn	Amalgam	Komposit	Keramik	GIZ	
Amalgam	6	9	41	22	2	0	2
Artglass	6	19	36	19	4	4	0
Solitaire	4	13	27	29	5	8	2
Charisma	5	23	27	30	2	4	3

Die Oberflächenqualität (Glattheit) der Füllungen veränderte sich während des einjährigen Beobachtungszeitraumes nicht. Auch zwischen den Füllungswerkstoffen konnte hinsichtlich der Oberflächenqualität kein Unterschied festgestellt werden ( $p < 0,05$ ).

Für das Amalgam konnte festgestellt werden, daß nach einem Jahr die Zahl glatter Füllungen zugenommen hat (Differenz 0,30 nach einer Woche und 0,26 nach einem Jahr). Diese Veränderung ist allerdings nicht signifikant. Ein klinisches Beispiel einer Amalgam Füllung ist in Abb. 5.1 dargestellt.

Abb 5.1: Beispiel einer Amalgam Füllung (A: 1. Woche; B: 1/2. Jahr; C: 1. Jahr).



In Tab. 5.6.A,B,C ist die Farbanpassung der Füllungen zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten aufgeführt.

Tab. 5.6.A: Farbanpassung nach 1. Woche

nach 1. Woche	Farbanpassung					
Versorgungsmaterial	exzellent alpha	etwas zu hell bravo	etwas zu dunkel bravo	etwas zu transparent bravo	etwas zu opaque bravo	viel zu hell charlie
Amalgam	0	0	0	0	0	0
Artglass	22	10	1	1	7	3
Solitaire	18	14	1	0	7	5
Charisma	32	7	1	0	7	0

Tab. 5.6.B: Farbanpassung nach 1/2 Jahr

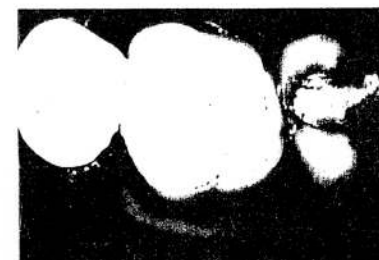
nach 1/2 Jahr	Farbanpassung					
Versorgungs- material	exzellent alpha	etwas zu hell bravo	etwas zu dunkel bravo	etwas zu transparent bravo	etwas zu opaque bravo	viel zu hell charlie
Amalgam	0	0	0	0	0	0
Artglass	22	10	1	1	7	3
Solitaire	18	14	1	0	6	5
Charisma	31	8	1	0	7	0

Tab. 5.6.C: Farbanpassung nach 1. Jahr

nach 1. Jahr	Farbanpassung						
Versorgungs- material	exzellent alpha	etwas zu hell bravo	etwas zu dunkel bravo	etwas zu transparent bravo	etwas zu opaque bravo	viel zu hell charlie	nicht beurteil- bar
Amalgam	0	0	0	0	0	0	0
Artglass	23	10	1	1	7	2	0
Solitaire	18	14	1	0	6	5	0
Charisma	30	8	1	0	7	0	1

Die Farbanpassung von Amalgam wurde nicht bewertet. Während die Bewertung "Charlie" bei Artglass auf eine fehlerhafte Farbbestimmung zurückzuführen ist, stand das Material Solitaire (exp. Charge) während des Untersuchungszeitraumes nur in drei Farbnancen und ohne Transparenz zur Verfügung. Deshalb kommen bei Bewertungen der Farbanpassung insbesondere bei diesem Material einige Charlie-Werte vor, die auf die Notwendigkeit des Austausches der Füllung aus ästhetischen Gründen hinweisen, falls dies dem Wunsch des Patienten entspricht. Ein klinisches Beispiel einer Solitaire Füllung ist in Abb. 5.2 dargestellt.

Abb. 5.2: Beispiel einer Solitaire Füllung (Farbanpassung Charlie bewertet).



Im Wesentlichen blieb die Farbanpassung während des ganzen Beobachtungszeitraum hindurch unverändert. Ein klinisches Beispiel einer Solitaire Füllung ist in Abb. 5.3 dargestellt. Die in Tab. 5.6 beobachteten Veränderungen waren nicht signifikant.

Abb. 5.3: Beispiel einer Solitaire Füllung (A: 1. Woche; B: 1/2. Jahr; C: 1. Jahr).



## 5 Ergebnisse

In Tab. 5.7.A,B,C ist Kriterium "Anatomische Form" je Füllungsmaterial zu den verschiedenen Beobachtungszeitpunkten.

Tab. 5.7.A.: Kriterium "Anatomische Form" nach 1. Woche

nach 1. woche	Anatomische Form - Konturierung			
Versorgungsmaterial	Exzellente Alpha	Unterkont. Bravo	l. überkont. Bravo	s. unterkont. Charlie
Amalgam	20	15	6	0
Artglass	30	3	11	0
Solitaire	27	12	4	1
Charisma	40	5	2	0

Tab. 5.7.B.: Kriterium "Anatomische Form" nach 1/2 Jahr

nach 1/2 Jahr	Anatomische Form - Konturierung			
Versorgungsmaterial	Exzellente Alpha	l. unterkont. Bravo	l. überkont. Bravo	s. unterkont. Charlie
Amalgam	20	15	6	0
Artglass	30	3	11	0
Solitaire	27	12	4	1
Charisma	40	5	2	0

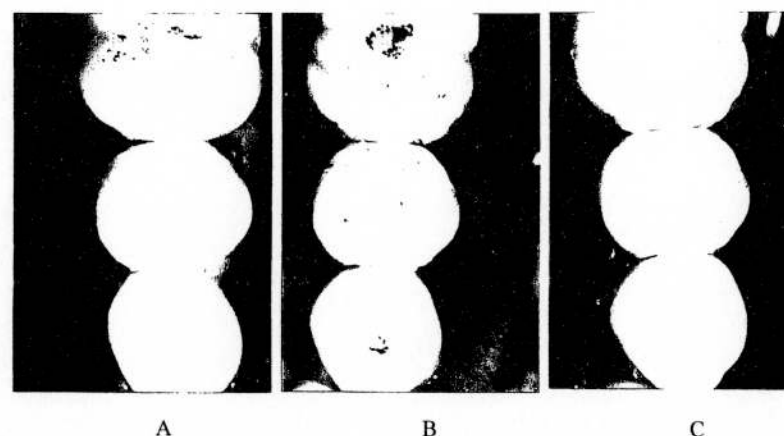
## Ergebnisse 5

Tab. 5.7.C.: Kriterium "Anatomische Form" nach 1. Jahr

nach 1. Jahr	Anatomische Form - Konturierung				
Versorgungsmaterial	Exzellente Alpha	Unterkont. Bravo	l. überkont. Bravo	s. unterkont. Charlie	Nicht beurteilbar
Amalgam	21	14	6	0	0
Artglass	29	4	11	0	0
Solitaire	26	12	4	2	1
Charisma	40	4	2	0	0

Die anatomische Rekonstruktion der Zahnoberfläche blieb den ganzen Beobachtungszeitraum hindurch unverändert (Tab. 5.7.A,B,C). Entsprechende klinische Beispiele sind in Abb. 5.4.A,B,C dargestellt.

Abb 5.4.: Beispiel einer unveränderten anatomischen Rekonstruktion der Zahnoberfläche (Charisma Füllung; A: 1. Woche; B: 1/2. Jahr; C: 1. Jahr).



Tab. 5.8. ist Kriterium "Anatomische Form: Übergang Füllung-Zahn" je Füllungsmaterial zu den verschiedenen Beobachtungszeitpunkten:

Tab. 5.8.A: Kriterium "Anatomische Form: Übergang Füllung-Zahn" nach 1. Woche

nach 1. Woche	Anatomisch Form - Übergang				
Versorgungs- material	Nicht Tastbar Alpha	l. neg. Stufe Bravo	l. pos. Stufe Bravo	s. neg. Stufe Charlie	
Amalgam	27	10	4	0	
Artglass	32	4	8	0	
Solitaire	33	6	5	0	
Charisma	28	12	6	1	

Tab. 5.8.B: Kriterium "Anatomische Form: Übergang Füllung-Zahn" nach 1/2. Jahr

nach 1/2 Jahr	Anatomisch Form - Übergang				
Versorgungs- material	Nicht Tastbar Alpha	l. neg. Stufe Bravo	l. pos. Stufe Bravo	s. neg. Stufe Charlie	
Amalgam	27	10	4	0	
Artglass	33	3	8	0	
Solitaire	33	6	5	0	
Charisma	29	12	6	1	

Tab. 5.8.C: Kriterium "Anatomische Form: Übergang Füllung-Zahn" nach 1. Jahr

nach 1. Jahr	Anatomisch Form - Übergang				
Versorgungs- material	Nicht Tastbar Alpha	l. neg. Stufe Bravo	l. pos. Stufe Bravo	s. neg. Stufe Charlie	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	27	10	4	0	0
Artglass	33	3	8	0	0
Solitaire	33	6	5	1	0
Charisma	29	12	6	0	1

Die Rekonstruktion des Überganges der Füllung zur Zahnoberfläche veränderte sich während des einjährigen Beobachtungszeitraumes ( $p = 0,05$ ). Am stärksten äußerten sich die Veränderungen bei Solitaire (exp. Charge), wobei die Veränderungen überwiegend als Randabsplitterung (marginal chipping) interpretiert werden können.

Tab. 5.9. ist Kriterium "Marginale Integrität" je Füllungsmaterial zu den verschiedenen Beobachtungszeitpunkten:

Tab. 5.9.A: Kriterium "Marginale Integrität" nach 1. Woche

nach 1. Woche	Marginale Integrität			
Versorgungs- material	Kein Randspalt Sondierbar Alpha	Randspalt / Neg. Kleberfuge Bravo	Klebe- überschuss Bravo	
Amalgam	33	8	0	
Artglass	31	12	1	
Solitaire	40	4	0	
Charisma	43	3	1	

Tab. 5.9.B: Kriterium "Marginale Integrität" nach 1/2. Jahr

nach 1/2 Jahr	Marginale Integrität			
Versorgungs- material	Kein Randspalt Sondierbar Alpha	Randspalt / Neg. Kleberfuge Bravo	Klebe- überschuss Bravo	
Amalgam	33	8	0	
Artglass	29	14	1	
Solitaire	35	8	1	
Charisma	40	6	1	

Tab. 5.9.C: Kriterium "Marginale Integrität" nach 1. Jahr

nach 1. Jahr	Marginale Integrität			
Versorgungs- material	Kein Randspalt Sondierbar Alpha	Randspalt / Neg. Kleberfuge Bravo	Klebe- überschuss Bravo	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	27	11	3	0
Artglass	28	15	1	0
Solitaire	38	5	1	0
Charisma	37	8	1	1

Die Bewertung der marginalen Integrität weist keine signifikante Veränderung auf. Die geringsten relativen Veränderungen waren bei Artglass-Inlays festzustellen (Die Bewertungsdifferenz steigt von anfangs 0,46 auf 0,49 gegen Ende des Beobachtungszeitraumes). Solitaire (exp. Charge) weist weniger Veränderungen (Bewertungsdifferenz 0,06) als Charisma auf (Bewertungsdifferenz 0,12). Amalgam liegt hier zwischen den beiden Kompositen (Bewertungsdifferenz 0,08 zwischen dem Anfangs- und Endwert).

Die Randspaltverfärbung weist keinerlei zeitliche Veränderungen mit Hinblick auf die unterschiedlichen Materialien auf. Das einzige Material, bei dem sich eine Randspaltverfärbung bemerkbar machte, war Charisma (Bewertungsdifferenz 0,15 zwischen dem Anfangs- und Endwert). Die übrigen Materialien waren unverändert.

Tab. 5.10. ist Kriterium "Randspaltverfärbung" je Füllungsmaterial zu den verschiedenen Beobachtungszeitpunkten:

Tab. 5.10.A Kriterium "Randspaltverfärbung" nach 1. Woche

Nach 1. Woche	Randspaltverfärbung		
Versorgungs- material	Keine Verfärbung Alpha	Geringe Verfärbung Bravo	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	41	0	0
Artglass	41	3	0
Solitaire	42	2	0
Charisma	47	0	0

Tab. 5.10.B Kriterium "Randspaltverfärbung" nach 1/2. Jahr

Nach 1/2 Jahr	Randspaltverfärbung		
Versorgungs- material	Keine Verfärbung Alpha	Geringe Verfärbung Bravo	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	41	0	0
Artglass	41	3	0
Solitaire	42	2	0
Charisma	46	1	0

Tab. 5.10.C Kriterium "Randspaltverfärbung" nach 1. Jahr

Nach 1. Jahr	Randspaltverfärbung		
Versorgungs- material	Keine Verfärbung Alpha	Geringe Verfärbung Bravo	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	41	0	0
Artglass	41	3	0
Solitaire	42	2	0
Charisma	45	1	1



**Tab. 5.11:** Kriterium "Integrität des Zahnes" je Füllungsmaterial zu den verschiedenen Beobachtungszeitpunkten. Die Integrität des Zahnes blieb bei allen Materialien unverändert.

Integrität des Zahnes				
Versorgungs- material	1. Woche Alpha	1/2. Jahr Alpha	1. Jahr Alpha	1. Jahr - Nicht Kontrollierbar
Amalgam	41	41	41	0
Artglass	44	44	44	0
Solitaire	44	44	44	0
Charisma	47	47	46	1

**Tab. 5.12.** ist kriterium "Integrität der Füllung" je Füllungsmaterial zu den verschiedenen Beobachtungszeitpunkten:

**Tab. 5.12.A:** Kriterium "Integrität der Füllung" nach 1. Woche

Nach 1 Woche	Integrität der Füllung				
Versorgungs- material	Integrität Füllung Alpha	1. Absplitterung Bravo	Rißbild (n.durchg.) Bravo	stark Absplitterung Charlie	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	41	40	1	0	0
Artglass	44	44	0	0	0
Solitaire	44	43	0	1	0
Charisma	47	47	0	0	0

Die Bewertung der Randintegrität der Füllung ergab, daß Veränderungen bei unterschiedlichen Materialien nicht statistisch signifikant sind ( $p = 0,05$ ). Das Bewertungskriterium Charlie entsprach einer nicht rekonturierbaren Absplitterung bei einer Solitaire-(exp. Charge)-Füllung. Die Bewertungsdifferenz betrug bei Amalgam nach einem halben Jahr 0,16, bei Artglass um 0, bei Charisma 0 und bei Solitaire (exp. Charge) 0,15. Nach einem Jahr war die mittlere Bewertungsdifferenz bei Amalgam mit Hinblick auf die ursprüngliche Messung 0,33 geändert, bei Artglass 0,15, bei Charisma 0,21 und bei Solitaire (exp. Charge) 0,39.

**Tab. 5.12.B:** Kriterium "Integrität der Füllung" nach 1/2 Jahr

Nach 1/2 Jahr	Integrität der Füllung				
Versorgungs- material	Integrität Füllung Alpha	1. Absplitterung Bravo	Rißbild (n.durchg.) Bravo	stark Absplitterung Charlie	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	41	40	1	0	0
Artglass	44	44	0	0	0
Solitaire	44	43	0	1	0
Charisma	47	47	0	0	0

**Tab. 5.12.C:** Kriterium "Integrität der Füllung" nach 1. Jahr

Nach 1. Jahr	Integrität der Füllung				
Versorgungs- material	Integrität Füllung Alpha	1. Absplitterung Bravo	Rißbild (n.durchg.) Bravo	stark Absplitterung Charlie	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	36	5	0	0	0
Artglass	43	1	0	0	0
Solitaire	40	3	0	1	0
Charisma	44	1	1	0	1

Bei der Bewertung von Okklusions- und Artikulationsbeziehungen hat sich während des Beobachtungszeitraumes die Notwendigkeit einer Zusatzdefinition zum ursprünglichen Protokoll herausgestellt. Bei einigen Zähnen waren die Okklusionsbeziehungen zu den Antagonisten mit den ursprünglichen Protokollbewertungen nicht zu erfassen. Hinzugefügt wurde deshalb die Bewertung "Malokklusion" (von lat. malus), die nicht mit den Graden Alpha bis Delta bewertet wurde. Die als "Malokklusion" bewerteten Zähne verursachten dem Patienten keine Beschwerden im Okklusions- oder Artikulationssinne. Diese Zähne hatten zwar direkten antagonistischen Kontakt, jedoch nicht im Bereich der Kaufläche (z. B. Lingualkipfung eines UK-Prämolaren).

Die Okklusionsbeziehungen blieben den gesamten Beobachtungszeitraum hindurch ungeachtet der Materialart nach klinischen Evaluationskriterien unverändert. Zu Beginn des Beobachtungszeitraumes wurden 65 Okklusionskontakte mit Alpha bewertet, 83 mit Bravo und

26 mit "Malokklusion". Bei 2 Zähnen fehlten die Antagonisten. Nach einem halben Jahr war die Bewertung identisch mit der Ausgangsuntersuchung. Nach einem Jahr wurden 66 Okklusionskontakte mit Alpha bewertet, 81 mit Bravo und 26 mit "Malokklusion", bei 2 Zähnen fehlten die Antagonisten. Ein Zahn wurde nicht bewertet.

Der Zustand des Approximalkontaktes war ebenfalls bei allen vier Materialien sowohl distal als auch mesial unverändert (Tab. 5.13.A,B,C und Tab. 5.14.A,B,C)

Tab. 5.13.A Kriterium "Approximalkontakt - mesial" nach 1. Woche.

nach 1. Woche	Approximalkontakt - mesial				
Versorgungs- material	physiologisch durchgängig Alpha	et. zu schwach Bravo	viel zu schwach Charlie	Approximal Zahn entfällt	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	30	3	3	5	0
Artglass	37	4	0	3	0
Solitaire	38	4	0	2	0
Charisma	43	3	0	1	0

Tab. 5.13.B Kriterium "Approximalkontakt - mesial" nach 1/2 Jahr

nach 1/2 Jahr	Approximalkontakt - mesial				
Versorgungs- material	physiologisch durchgängig Alpha	et. zu schwach Bravo	viel zu schwach Charlie	Approximal Zahn entfällt	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	30	3	3	5	0
Artglass	36	5	0	3	0
Solitaire	38	4	0	2	0
Charisma	43	3	0	1	0

Hervorzuheben sind im Zusammenhang mit den Approximalkontakten zwei Beobachtungen. Zum einen war zwischen den plastisch verarbeiteten Kompositen Charisma und Solitaire (exp. Charge) und den Artglass-Inlays keine Unterschiede in der Qualität des Approximalkontaktes zu beobachten. Ebenfalls kein Unterschied konnte zwischen dem Komposit Charisma und dem Komposit Solitaire (exp. Charge) gefunden werden, obwohl Solitaire aufgrund der modifizierte Füllkörpertechnologie hier Vorteile hinsichtlich der Gestaltung des Approximalkontaktes für sich in Anspruch nimmt.

Tab. 5.13.C Kriterium "Approximalkontakt - mesial" nach 1. Jahr

nach 1 Jahr	Approximalkontakt - mesial				
Versorgungs- material	physiologisch durchgängig Alpha	et. zu schwach Bravo	viel zu schwach Charlie	Approximal Zahn entfällt	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	30	3	3	5	0
Artglass	37	4	0	3	0
Solitaire	38	4	0	2	0
Charisma	42	3	0	1	1

Tab. 5.14.A Kriterium "Approximalkontakt - distal" nach 1. Woche

nach 1 Woche	Approximalkontakt - distal				
Versorgungs- material	physiologisch durchgängig Alpha	et. zu schwach Bravo	viel zu schwach Charlie	Approximal Zahn entfällt	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	23	0	1	17	0
Artglass	28	8	1	7	0
Solitaire	36	3	0	5	0
Charisma	39	2	0	6	0

Tab. 5.14.B Kriterium "Approximalkontakt - distal" nach 1/2. Jahr

nach 1/2 Jahr	Approximalkontakt - distal				
Versorgungs- material	physiologisch durchgängig Alpha	et. zu schwach Bravo	viel zu schwach Charlie	Approximal Zahn entfällt	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	23	0	1	17	0
Artglass	27	9	1	7	0
Solitaire	36	3	0	5	0
Charisma	38	2	1	6	0

Tab. 5.14.C Kriterium "Approximalkontakt - distal" nach 1. Jahr

nach 1 Jahr	Approximalkontakt - distal				
Versorgungs- material	physiologisch durchgängig Alpha	et. zu schwach Bravo	viel zu schwach Charlie	Approximal Zahn entfällt	Nicht Kontrollierbar
Amalgam	24	0	1	16	0
Artglass	28	8	1	7	0
Solitaire	36	3	0	5	0
Charisma	37	2	1	6	1

Die Sensibilitätsprüfung der beobachteten Zähne ergab keinerlei Veränderungen während des Beobachtungszeitraumes. Auch zwischen den verschiedenen Materialien gab es keinerlei signifikante Unterschiede. Der Mittelwert der Veränderung der Bewertungs-differenz während des Beobachtungszeitraumes war für alle untersuchten Materialien 0. Die Bewertung der Gingiva im mesialen bzw. distalen Approximalbereich der beobachteten Zähne ergab im Laufe des Jahres keinerlei Veränderungen.

Nach der Behandlung und nach einem Jahr klagten die Patienten über keinerlei Beschwerden. Bei der ersten und bei der Halbjahresbewertung wurden 176 mit Alpha bewertet. Nach einem Jahr wurden 175 Fälle mit Alpha bewertet, ein Fall wurde nicht bewertet.

Ein signifikanter Unterschied machte sich bei der Bewertung des Befindens der Patienten während des Beobachtungszeitraumes bemerkbar ( $p < 0,01$ ). Bei der ersten Nachuntersuchung wurden das Gesamtverfahren, das Befinden während der Behandlung und die Zufriedenheit mit der Füllung in 104 Fällen mit Alpha bewertet. Mit Bravo wurden 72 Fälle bewertet. Die mittlere Bewertungsdifferenz lag bei 0,44. Nach einem Jahr wurden 138 Fälle mit Alpha bewertet, mit Bravo 37 Fälle, ein Fall wurde nicht bewertet. Während die Patienten sowohl mit Amalgamfüllungen, als auch mit Charisma- und Solitaire-(exp. Charge)-Füllungen sehr zufrieden waren, waren einige Patienten mit Artglass-Inlays weniger zufrieden. Die Ursache der Unzufriedenheit war der mit Inlays zusammenhängende erhöhte Zeit- (2 Sitzungen) aber auch Kostenaufwand für die Patienten.

Die Lockerung der beobachteten Zähne hat sich während des Beobachtungs-zeitraumes nicht geändert.

Die Notwendigkeit, Füllungen sofort zu erneuern, machte sich bei einer Füllung nach einem Jahr bemerkbar. Die zu ersetzende Füllung war aus Solitaire (exp. Charge) angefertigt worden. Es war zu einem Bruch (bulk fracture) gekommen, als die Patientin beim Essen auf einen harten Gegenstand biß. Dabei wurde auch der nicht beobachtete Zahn 38 so schwer geschädigt, daß eine Extraktion notwendig war.

Die Gesamtbeurteilung der Füllung hat sich während des einjährigen Beobachtungszeitraumes nicht signifikant geändert.

Amalgam wird seit etwa 200 Jahren zur Füllung von Kavitäten in Seitenzahnbereich verwendet (Berry 1994). Auch heutzutage ist es weltweit gesehen das meistverwendete Füllungsmaterial. Aufgrund unterschiedlicher Entwicklungen ist die Anwendung von Amalgam jedoch rückläufig. So hat sich der Anteil der Amalgamfüllungen in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten 10 Jahren auf ein Drittel der ursprünglichen Anwendungshäufigkeit reduziert. Auch in Skandinavien und den Vereinigten Staaten von Amerika ist der Gebrauch von Amalgam als Füllungswerkstoff rückläufig. Die Ursachen hierfür sind jedoch unterschiedlich. In der Bundesrepublik sind z. B. toxikologische Bedenken für den Rückgang verantwortlich. In Skandinavien ist dagegen aufgrund des Einsatzes von quecksilberhaltigen Antibiotika in der Fischzucht die Grundbelastung der Menschen stark erhöht, so daß man heute dort aus Umweltschutzgründen den Einsatz von Quecksilber in allen Lebensbereichen zu reduzieren versucht. In den Vereinigten Staaten schließlich sind primär ästhetische Gesichtspunkte ausschlaggebend, von der Verwendung von Amalgam Abstand zu nehmen.

Trotz aller Versuche, alternative Füllungswerkstoffe zu Amalgam zu entwickeln und zu verbessern, sind die derzeit verfügbaren Alternativen noch nicht in der Lage, Amalgam voll zu ersetzen (Leinfelder 1994). Argumente, wonach Amalgam ein preiswertes Füllungsmaterial sei (Bayne 1994, Corbin 1994, Leinfelder 1994), gelten nicht für hochwertige Amalgamlegierungen. Hochwertige Amalgamlegierungen, die vom American Dental Association Seal Programm (1997) zitiert werden, sind preismäßig den Kompositen gleichwertig. Die Bewertung wurde aufgrund der Durchschnittszahl von Füllungen, die aus einer Originlapackung des Materials gemacht werden können, errechnet. Auch die Argumentation, daß Amalgam schneller als Komposite zu verarbeiten ist, treffen - korrekte Verarbeitung vorausgesetzt - nicht immer zu. Dennoch wird die Unempfindlichkeit des Amalgams hinsichtlich seiner Verarbeitungstechnik wird oft als einer seiner wichtigsten Vorteile erwähnt (Corbin 1994). Hier wird meist vernachlässigt, daß der Patient zur Politur der Füllung noch einmal in die Praxis bestellt werden muß. Neben dem erhöhten Zeitaufwand für den Patienten muß auch die Rüstzeit sowie die Hygienezeit in der zahnärztlichen Praxis als Kostenfaktor in den Vergleichen berücksichtigt werden.

Die Ansprüche der Patienten gehen andererseits heute weit über den Wunsch hinaus, daß den „Kariesschaden auf irgendeine Weise“ zu versorgen. Die Zahnmedizin muß den berechtigten Forderungen der Patienten nach bioverträglichen, inerten und gesundheits- und umweltunschädlichen Materialien nachkommen.

Die Bioverträglichkeit aller dentalen Werkstoffe wird häufig unterschiedlich bewertet. Nach Cox (1994) sind Adhäsivprimer bioverträglich und verursachen keine Pulpairritation. Die in der Zahnheilkunde verwendeten monomeren Komponenten, könnten andererseits bis zu einem



gewissen Grad toxisch sein. Jontell (1995) meint, daß die Toxizität des Monomers für Fibroblasten das Immunsystem der Pulpa beeinflussen könnte. Andererseits gilt eine bestimmte Toxizität als Voraussetzung dafür, um einen dem Amalgam ähnlichen Effekt der Hemmung der Entwicklung von Mikroorganismen zu gewährleisten.

In der vorliegenden Untersuchung wurde beobachtet, daß zwei Komposite im einjährigen Beobachtungszeitraum bei der Bewertung des Randspaltes erfolgreicher waren als das Amalgam. Die besten Ergebnisse wurden mit Artglass-Inlays erzielt. Das dürfte auf die Laborvorbereitung der Füllung für die Kavität zurückzuführen sein, die eine außerordentlich hohe Präzision in der Formanpassung ermöglicht. Durch die Polymerisation der Kompositinlays unter optimalen Bedingungen im zahntechnischen Labor können die mechanischen und chemischen Eigenschaften (z. B. Polymerisationsgrad) der Komposite verbessert werden. Gleichzeitig muß nur eine geringe Fügefüge mit dem Befestigungskomposit aufgefüllt werden, so daß die Polymerisationsschrumpfung aufgrund des geringen Volumens des Befestigungskomposites gering ist und zu einer verbesserten marginalen Adaptation von Inlaysystemen im Vergleich zu plastischen Füllungen führt (Kunzelmann 1993).

Bei Kompositfüllungen wird die Größe des Spaltes zwischen Füllung und Zahn von mehreren Faktoren beeinflusst (Bayne 1994). Eine wichtige Rolle spielt das verwendete Dentinimprägnierungssystem (Chigira 1994). Die Mikrodurchlässigkeit wurde von Staninec (1993) bei den Kompositen mit Hilfe der Farbstoffpenetration bewertet. Er wies eine signifikant bessere Abdichtung bei der Verwendung von Dentinadhäsiven und Bondings im Vergleich zur ausschließlichen Verwendung des Bondings nach. Die Dentinimprägnierung reicht in der Regel 5 - 8 µm tief (Walshaw 1994). Den Dentinadhäsiven kommt dabei die Rolle zu, zum einen die Dentinoberfläche zu infiltrieren, zu stabilisieren und gleichzeitig einen adhäsiven Verbund zum Komposit zu etablieren. Bei der Polymerisation der Komposite auftretende Kräfte müssen von den Dentinadhäsiven kompensiert werden, um einen randsicheren Verschluss zu gewährleisten. Während in vitro die Haftmechanismen zwischen Dentin, Dentinadhäsiv und Kompositfüllung theoretisch gut verstanden werden, meint Van Meerbeek (1994), daß nur zusätzliche klinische Forschungsarbeit über einen längeren Zeitraum zuverlässige Informationen über die Beständigkeit dieses Verbundes ermöglicht.

Bei Amalgamfüllungen ist die Kondensation und Adaptation des Amalgams an die Ränder der Kavität von einer Schlüsselbedeutung für die Lebenszeit der Füllung im Mund des Patienten. Die Breite des Randspaltes und Amalgamextrusion (merkuroskopische Expansion) wirken sich auch auf die Mikrodurchlässigkeit der Füllung aus (Asaoka 1994). Beim Amalgam wird die Wandhaftung durch die Größe und Form der Legierungsteilchen beeinflusst (Leinfelder 1994, Al-

Duwairi 1993). Bonding Systeme (sog. Amalgabonds) für Amalgam wiesen keinen entscheidenden Vorteil im Vergleich zu konventionell verarbeiteten Amalgamfüllungen auf (Mahler 1996).

Die Farbanpassung der Füllung an den Zahn ist vom ästhetischen Standpunkt einer der wichtigsten Faktoren für die Bewertung der Eignung des Füllungsmaterials (Krejci 1995). Krejci weist aber auch darauf hin, daß sie auch einen Nachteil darstellen kann. Bei der Entfernung eines farblich gut angepaßten Komposites wird häufig auch gesundes Dentin abgetragen. Die Bewertung der Farbanpassung ist in der Literatur gering vertreten (Ferracane 1994). Bei dieser Bewertung ist ein subjektiver Ansatz schwer zu umgehen. Untersuchungen sind meist das Ergebnis von Teamarbeit, insbesondere wenn es sich um den Vergleich von mehreren Materialien handelt.

In der vorliegenden Studie wurden durch einen einzigen Therapeuten vier unterschiedliche Füllungsmaterialien verglichen und bewertet. So ist die subjektive Bewertung in allen Fällen auf denselben Untersucher zurückzuführen. Die Farbbeständigkeit war für alle drei Komposite den ganzen Beobachtungszeitraum hindurch unverändert unterhalb der subjektiven Differenzierungsschwelle. Es liegen zwar gewisse Unterschiede vor, die jedoch nicht signifikant sind. Für das Amalgam wurde die Farbbeständigkeit und Farbanpassung nicht bewertet.

Das beste Ergebnis bei der Farbbeständigkeit erzielte Solitaire (exp. Charge). Den ganzen Beobachtungszeitraum hindurch blieb bei diesem Material die mittlere Bewertungsdifferenz völlig unverändert. Die Farbanpassung an den Zahn war etwas schlechter als bei den übrigen zwei Kompositen (in einigen Fällen wurde sie mit Charlie = unakzeptabel bewertet). Zur Zeit der Anfertigung der Füllungen standen nämlich nicht genug Farbtönen des Materials zur Verfügung, deshalb wurden die Füllungen nur in drei Farbtönen angefertigt. Alle drei waren "opaque", es fehlte das transparente Material. Alle drei Farbtöne waren hell (nach der Vita-Farbskala: A1, B1 und C2). Auch mit der Vermischung der drei Farbtöne konnte keine zufriedenstellende Farbe hergestellt werden, weil der dunklere Bereich der Farbskala fehlte. Bei allen Charlie-Bewertungen gab es eine Unterteilung in „viel zu hell“ oder „viel zu opak“.

Im Rahmen der derzeit kommerziell verfügbaren vollständigen Farbpalette (A10, A20, A30, B10, B20 und I) weist Solitaire wesentlich bessere Farbanpassungsmöglichkeiten auf.

Charisma hat sich von allen Füllungsmaterialien hinsichtlich der Farbanpassung am Besten bewährt. Es stehen 12 Farbtöne nach dem Vita-Farbschlüssel zur Verfügung, sowohl opak als auch transparent und normaltransparent. Das etwas bessere Ergebnis als das der Artglass-Inlays ist berechtigt. Für das Inlay wird wie auch für prothetische Arbeiten üblich die Farbe anhand eines Farbschlüssels gewählt, Nuancen sind mit dem Techniker schwer abzustimmen.

Außerdem kann während der Herstellung der Inlays im Labor die Farbe nicht mehr gemeinsam mit dem Patienten überprüft werden. Andererseits können die Zahnform und das Inlay laufend kontrolliert werden, was bei der Keramikinlaytechnik nicht möglich ist (Geizendanner 1997). Bei der Anfertigung einer Kompositfüllung kann der Therapeut die ganze Zeit die Farbnuance des Materials anpassen. Alle Füllungen der vorliegenden Studie wurden, was die Farbwahl betrifft, in derselben Reihenfolge angefertigt.

Zunächst wurde nach dem Vita-Farbschlüssel die Grundfarbe festgelegt. Dann wurde als Innenschicht eine dunklere und opakere Farbe als die gewählte verwendet. Diese sollte der Dentinfarbe möglichst angepaßt sein. Nach der Anpassung folgte die Polymerisation. Dann folgte eine Farbschicht mit normaler Transparenz. Nach der Adaption und Polymerisation wurde die Farbanpassung an den Zahn kontrolliert. Nach Bedarf folgte eine Farbkorrektur durch Entfernen nicht passender Farbschichten bzw. Hinzufügen von passenden Farbschichten. Abschließend folgte eine neutrale transparente Kompositschicht, die eine schmelzartige Transparenz und Erscheinung der Füllung gewährleisten sollte. Für den Endeffekt war die Politur des Komposites wichtig. Wenn dieses nicht fachgerecht gemacht wird, kann sich sogar die Farbnuance ändern. Zu gleichen Feststellungen kam auch Chung (1994). Dieser stellt fest, daß das Polieren für die an Kompositfüllungen gestellten ästhetischen Anforderungen ausschlaggebend sei. Die Oberflächenglätte und die Farbbeständigkeit hängen stark von der Endbearbeitung ab.

Auch die Gestaltung der Füllungsoberfläche im Sinne von anatomischen Besonderheiten von Okklusions- und Approximalflächen des Zahnes ist ein sehr wichtiges Element bei der Bewertung der ästhetischen Wirkung der Füllung. Das physiologische Moment ist noch wichtiger. In Artikulation und Okklusion gewährleisten anatomisch korrekte Gleitflächen die richtige Bewegung des Kondylus im Kiefergelenk (Pavšić 1997). In der vorliegenden Studie wurden 65,9 % aller Füllungsoberflächen mit Alpha (vorzüglich) bewertet, 32,3 % mit Bravo (akzeptabel) und 1,13 % mit Charlie (im Sinne der Vorbeugung auszutauschen). Diese 1,13 % sind zwei Füllungen. Eine hatte die Bewertung Charlie schon seit der ersten Kontrolle, es handelte sich um einen ersten oberen Molar, für den eine ausgeprägte schräge Neigung von Okklusalfacetten und ein tiefes Fissurensystem typisch waren. Die Rekonstruktion folgte den Winkeln der nichtpräparierten Facettenflächen. Die Rekonstruktion war ästhetisch in Ordnung, die Konturbewertung war viel zu tief (Charlie). Wegen seiner Lage artikuliert der Zahn okklusal nicht mit einem Antagonisten. So blieb die Okklusalm modellierung unverändert. Die zweite Füllung wurde bei der dritten Kontrolle mit Charlie bewertet, weil sie der ganzen Länge nach abgesplittet war. Es handelte sich um den unteren linken Molar. Zur Beschädigung kam es durch ein Trauma, durch einen Biß auf einen harten Gegenstand in der Nahrung. Die Beschädigung war so schwer, daß die Füllung unverzüglich zu erneuern war. Der dritte untere Molar mußte wegen schwerer

Fraktur gezogen werden.

Natürlich spielt bei der Rekonstruktion der anatomischen Zahnfläche die manuelle Geschicklichkeit des Therapeuten die entscheidende Rolle. Sehr wichtig ist auch, wie der Zugang zum Zahn ist oder wo der Zahn lokalisiert ist. Wenn der Therapeut Rechtshänder ist, fällt ihm beispielsweise der Zugang zum rechten zweiten und dritten unteren Molaren besonders schwer. Wichtig sind auch die Mundöffnung und die Konzentrationsfähigkeit des Patienten. Patienten sind oft unruhig, mit einem stark ausgeprägten Schluckreflex und erschwelter Nasenatmung. Das sind objektive Schwierigkeiten, mit denen der behandelnde Zahnarzt bei seiner Arbeit konfrontiert wird, die auch das Endresultat stark beeinflussen. Eine subjektive Schwierigkeit stellt die Rigidität und Plastizität des Füllungsmaterials dar. Zum Modellieren von Okklusalfacetten dürfte plastisches, doch nicht flüssiges Füllungsmaterial am besten geeignet sein. Wenn es nicht standfest genug ist, kommt es nach der Modellation zur Deformation.

Wenn es zu zäh ist, fällt es schwer, das Material in spitze Winkeln in den Übergängen zwischen der Füllung und der Zahnhartsubstanz anzupassen.

Das in der Studie verwendete Amalgam (Oralloy, Ana 3000) hat sich als sehr modellier- und anpassungsfähig herausgestellt. Schwierigkeiten traten wegen des bei der Kondensation verdrängten Quecksilbers auf, das beseitigt werden mußte. So kam es zu einer nachträglichen Verschlechterung der rekonstruierten Okklusalfäche. Es wurden Korrekturen notwendig, die meist eine Verzögerung der Bearbeitung in den Beginn der Aushärtungsphase darstellten. Dann war allerdings das Amalgam schon krümelig, es büßt seine Plastizität ein und die Wahrscheinlichkeit einer schlechteren Randanpassung wurde erhöht.

Osborne (1990) weist auf die Bedeutung des Nachpolierens und der Endbearbeitung für die Beständigkeit und das Erscheinungsbild der Amalgamfüllung hin.

Alle vier Materialien haben während des einjährigen Beobachtungszeitraumes einen gleich hohen Grad der Polierung und der Beständigkeit der polierten Fläche aufgewiesen.

Beide Komposite wiesen vorzügliche plastische Eigenschaften auf. Auch das Anfließen in spitze Winkeln der Präparation war akzeptabel. Solitaire (exp. Charge) war etwas zähflüssiger als Charisma. Positiv an Solitaire (exp. Charge) war, daß es nicht an Instrumenten haftete. Es kann nahezu wie Amalgam gestopft werden, was eine genaue Adaptation an alle Teile der Zahnkavität ermöglicht. Wegen seiner im Vergleich zu Charisma etwas höheren Rigidität ist die Okklusalgestaltung etwas schwieriger. Charisma ist ein klinisch erprobtes Komposit, dessen

Anpassungsfähigkeit vorzüglich ist. Überraschend sind allerdings Rigiditätsunterschiede bei einzelnen Farbnuancen. Es kam vor, daß eine Farbvariante härter war als die andere. Wenn die weichere Variante nicht polymerisiert wird, kann sie durch die härtere Variante verdrängt werden. Die Beantwortung der Frage, welches Komposit ausformungsfreundlicher ist, ist subjektiv und hängt auch von der Praxis des Therapeuten ab.

Inlays, deren Okklusalfäche im Labor modelliert wird, lassen die beste Okklusalfächengestaltung erwarten. In der vorliegenden Studie konnte diese Behauptung nicht bestätigt werden, was auch von Hoppenbrouwer (1995) bestätigt wird.

Die Möglichkeiten für die ästhetische Rekonstruktion der Kaufläche im Seitenzahnbereich sind mit Artglass-Inlays zweifellos gut. Midelmann (1997) erwähnt, daß die neuen Kompositkleber farblich sehr anpassungsfähig sind. Das trifft zu, denn vom Ästhetischen her verbessern sie den Übergang zwischen dem Zahn und dem Inlay ganz erheblich. Auch die Kleberüberschüsse sind vor der Polymerisation gut zu entfernen.

In der vorliegenden Studie wurde festgestellt, daß die Inlayform durch das Nachpolieren beeinflusst wurde. Manchmal kann der Kleber nicht vollständig aus der Kavität herausgepreßt werden. Die hohe Viskosität des Klebers ist zwar positiv, um Überschüsse gut entfernen zu können, doch wenn die Klebefuge sehr gering ist, kann nicht der ganze Kleber herausgepreßt werden. Weil dann das Inlay okkusal zu hoch bleibt, muß es bei der Bißkontrolle abgetragen werden, wodurch wiederum die Form geändert wird. Hierin ist der Hauptgrund dafür zu sehen, daß die Inlays die plastisch verarbeiteten Kompositfüllungen in ästhetischer Hinsicht nicht übertrafen. Artglass ist für die Anfertigung von Inlays sehr gut geeignet. Es ist farbbeständig, sieht aus wie Keramik und genügt hohen ästhetischen Anforderungen. Kluge (1997) erwähnt ein geeignetes Elastizitätsmodul (E-Modul) für Artglass. Wegen dieses E-Moduls soll der Patient den Kaukomfort eines natürlichen Zahnes empfinden.

In der vorliegenden Studie wurde das E-Modul der Materialien nicht gemessen. Patienten bestätigten allerdings bei Kontrollen einen sehr guten Kaukomfort bei Zähnen mit Artglassinlays. Scheibenbogen (1997) stellt fest, daß sich Kompositinlays klinisch besser bewähren als Kompositfüllungen. Sie erwähnt hier besonders für die Rekonstruktion der Okklusalfäche und der anatomischen Zahnform. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie unterstützen diese Beobachtung nicht. Nach geringen, initialen Unterschieden zwischen den Materialien, könnten bei allen Nachuntersuchungszeitpunkten keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Materialien hinsichtlich der anatomischen Form gefunden werden. Für die Ermittlung von

Unterschieden zwischen einzelnen Materialien sind möglicherweise zeitlich längere Beobachtungszeiträume notwendig.

Nach einem Jahr kam es bei allen vier Materialien zu Veränderungen am Übergang der Füllung zum Zahn. Auch hier gab es keinerlei statistischen Unterschiede zwischen den vier Materialien. Die meisten Veränderungen kamen Solitaire (exp. Charge) vor (mittlere Bewertungsdifferenz betrug in einem Jahr 0,07). Doch ist das Ergebnis stark von dem bereits erwähnten Zahn beeinflusst, bei dem es aufgrund eines traumatischen Schadens zur Absplitterung der Füllung gekommen war. Zu Beginn des Beobachtungszeitraumes wurden alle Füllungen mit Alpha oder Bravo bewertet. Jede Veränderung zur Bewertung Charlie fällt dann schwer ins Gewicht. Deshalb ist es wichtig, bei schlechteren Ergebnissen im Sinne einer Einzelfallanalyse festzustellen, warum es zu der Verschlechterung gekommen ist. Das stellt auch Asaoka (1994) fest, als er die Korrelation zwischen der Stärke der Okklusalkraft und der Randfraktur von Amalgamfüllungen erwähnt. Mahler (1993) meint, daß die Beständigkeit einer Füllung mit einem 100 µm breitem Randspalt fragwürdig ist. Hinsichtlich der Verarbeitung von Amalgambonding besteht die Möglichkeit rein retentiv bzw. unter Berücksichtigung von Amalgambonding kombiniert retentiv-adhäsiv zu arbeiten. Mahler (1996) berichtet von einem nicht signifikanten Unterschied zwischen geklebten und klassischen Amalgamfüllungen. Die Amalgamfüllungen wurden aus diesem Grund in dieser Studie ohne Bonding angefertigt. Garcia - Barbero (1994) weist auf eine bessere Adhäsionsfähigkeit von Kompositen im Vergleich zu Amalgamen hin.

In der vorliegenden Untersuchung wurde die marginale Integrität klinisch kontrolliert. Bewertet wurde das Vorhandensein eines Randspaltes bzw. eine Verfärbung am Füllungsrand. Letztere wird als Anzeichen dafür gewertet, daß sich der Verbund zwischen Zahn und Füllung gelöst hat. Unter Berücksichtigung dieser beiden Kriterien hat sich das Artglass-Inlay am besten bewährt. Die Bewertungsdifferenz hat sich innerhalb eines Jahres lediglich um 0,03 geändert. Die Randspaltverfärbung von Amalgam lag in etwa zwischen den beiden untersuchten Kompositen. Charisma war das einzige Material, bei dem überhaupt keine Randspaltverfärbung beobachtet wurde. Statistisch konnte jedoch keine Signifikanz berechnet werden (Veränderung der Bewertungsdifferenz 0,15).

In der Studie wurden überwiegend große Füllungen erfaßt. Alle Füllungen und Inlays wurden an Zähnen gemacht, an denen eine bereits vorhandene Füllung zu erneuern war. Keiner der in der Untersuchung erfaßten Zähne wurde zum ersten Mal gefüllt. Die Bedeutung der Größe der Füllung für ihre Beständigkeit wird beispielsweise von Osborne (1990) beschrieben. Er weist darauf hin, daß die Häufigkeit von Frakturen und Schäden an Füllungen mit ihrer Größe und Breite zunimmt. Kritisch sind insbesondere die Übergänge zwischen einzelnen Flächen. Bayne (1994) stellt fest, daß Kompositfüllungen in okkusal belasteten Seitenzahnbereichen hinsichtlich der Beständigkeit durchaus mit Amalgamfüllungen vergleichbar sein können.



Die Beurteilung der Randqualität der untersuchten Füllungswerkstoffe ergab bei allen Fällen, daß die Randintegrität des Zahnes den gesamten Beobachtungszeitraum hindurch nahezu unverändert war. Möglicherweise war der einjährige Beobachtungszeitraum für eine klinisch wahrnehmbare merkuroscopische Expansion sowie der ermüdungsbedingten Randfrakturen der Amalgamfüllung zu kurz.

In Kombination mit Dentinadhäsiven können Kompositwerkstoffe die Zahnhartsubstanz adhäsiv stabilisieren. Van Meerbeek findet bei Kompositfüllungen klinisch gute Ergebnisse (1994). Er befürwortet Adhäsivsysteme, die die Schmierschicht vollständig entfernen und die Dentinoberfläche teilweise demineralisieren, wie es beispielsweise auch das in dieser Studie verwendete Adhäsivsystem Solid Bond P und S tut. Durch unsere Ergebnisse werden die Beobachtungen von van Meerbeek klinisch bestätigt. Da Kompositwerkstoffe bei der Polymerisation schrumpfen, wird eine Kontraktionskraft auf den Verbund zwischen Füllung und Zahn ausgeübt. Zur Minimierung dieser Kräfte kann nach neueren Erkenntnissen eine dünne elastische Bonding-Schicht zwischen Komposit und Zahnhartsubstanz erwünscht sein, um diese Spannungen zu kompensieren. Auch hinsichtlich des Überganges zwischen Füllung und Zahn war kein signifikanter Unterschied zwischen den vier Materialien zu belegen. Allerdings ist die Schlußfolgerung möglich, daß das Verhalten der Materialien an den Füllungsändern nicht gleich ist. Hadavi (1992) stellt fest, daß Amalgamfüllungen in Bereichen der funktionellen Okklusion und Artikulation an den Rändern in Mitleidenschaft gezogen werden. In der vorliegenden Studie war der Rand von Amalgamfüllungen stärker geschädigt als der von Artglass-Inlays und Charisma-Füllungen und weniger als der von Füllungen aus dem Experimentalkomposit.

Nakabayashi (1992) erwähnt die schlechtere Haftung von Adhäsivsystemen an avitalen Zähnen. In der vorliegenden Studie waren jedoch keine Unterschiede in der Beständigkeit der Ränder von Kompositfüllungen in Abhängigkeit von der Vitalität der Zähne bemerkbar.

Berry (1994) gibt an, daß Amalgame im Vergleich zu Kompositen härter und widerstandsfähiger gegenüber okklusalen Belastungen sind. Darüber hinaus geht man davon aus, daß durch die extraorale Nachvergütung von Kompositen Kompositinlays bessere mechanische Eigenschaften als plastisch verarbeitete Kompositfüllungen haben sollen. Kluge (1997) gibt beispielsweise für Artglass ein ähnliches E-Modul (10 GPa) wie für Schmelz (20 GPa) an. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können jedoch die Annahme nicht bestätigen, daß die Unterschiede in den mechanischen Eigenschaften auch eine unterschiedliche klinische Bewährung zur Folge haben.

Die Übertragung von Okklusionskräften auf die Füllung wurde anhand der Qualität des Okklusionskontaktes bewertet. In der vorliegenden Studie erwiesen sich alle vier Materialien als völlig gleichwertig. Unter ihnen gibt es keinerlei Unterschiede. Hadavi (1992) gibt an, daß die größte Zahl von Füllungsreparaturen im Bereich okklusaler Kontakte und an Übergängen zwischen Flächen erforderlich ist. Auf der Oberfläche der Füllungen konnten unter Zuhilfenahme von Artikulationspapier die Okklusions- und Artikulationskontaktpunkte mit bloßem Auge beurteilt werden. Als zusätzliche Hilfe diente die Fotodokumentation der vorausgegangenen Untersuchungen. Die Kontaktpunkte für die Okklusion wurden mit blauen Artikulationspapier gekennzeichnet. Artikulationskontakte wurden mit rotem Artikulationspapier gekennzeichnet. Im Beobachtungszeitraum hat sich die Größe Artikulationspunkten nicht verändert. Auch die Größe der Okklusionskontakte war nach klinischen Kriterien unverändert. Der Vergleich der Kontakte anhand der Dokumentationsmodellen weist ebenfalls keine Veränderungen zwischen den Materialien bzw. während des Untersuchungszeitraumes für die jeweiligen Materialien auf. Die Bewertungsdifferenz für alle Materialien blieb während des gesamten Beobachtungszeitraumes hindurch unverändert. Nach einem Jahr wäre wenigstens ein vergrößerter Bereich von Kontakten mit Antagonisten zu erwarten gewesen, doch konnte dieser nicht festgestellt werden.

Die weitere Auswertung der okklusalen Kontaktsituation ergab gewisse Unterschiede in Abhängigkeit vom Antagonisten. An Zähnen, deren Antagonisten Restaurationen aufwiesen, wurden meist weniger Okklusions- und Artikulationspunkte festgestellt. Eine mögliche Erklärung geht von folgender Überlegung aus. Die meisten Füllungen an Antagonisten (distal und mesial) waren aus Amalgam. Die Amalgamfüllungen bei Patienten im mittleren Lebensalter stammen meist aus einer Zeit, als auf die Rekonstruktion der anatomischen Form kein besonderer Wert gelegt wurde. Deshalb sind bei solchen Zähnen die Okklusionsflächen meist stark stilisiert, d. h. es liegt keine ausgeprägte Gestaltung des Okklusalreliefs vor. Aufgrund der fehlenden okklusalen Gestaltung der Antagonisten konnte kein ausreichender Okklusionskontakt hergestellt werden. Im Seitenzahnbereich kommen außerdem zahlreiche Unterbrechungen der Zahnreihe vor. Das ist auf prothetisch nicht versorgte Lücken z. B. als Folge von Extraktionen zurückzuführen. Als Folge davon können Verschiebungen und Kippungen der verbliebenen Zähne festgestellt werden. In der Studie wurden diese untypischen Okklusionsbeziehungen als Malokklusion bezeichnet.

Während des einjährigen Beobachtungszeitraumes kam es an den beobachteten Zähnen zu keiner Veränderung der Vitalität. Die Patienten hatten nach der Behandlung keine Beschwerden wie Brennen, Schmerz, Heiß-Kalt-Empfindlichkeit usw. An keinem der beobachteten Zähne war eine Schmerzbehandlung notwendig geworden, was u. a. auf eine richtige Versorgung des

Zahnes vor der Füllungstherapie (z. B. endodontische Vorbehandlung, Behandlung von caries profunda etc.) hinweist.

Unabhängig von der Wahl des Füllungsmaterials wird die Versorgung der Dentinwunde diskutiert.

Cox (1992) kommentiert die Unterfüllung der Kavität als überflüssig und veraltet. Seiner Meinung nach ist das Dentin beispielsweise eine so gute Wärmedämmschicht, daß selbst bei Amalgamfüllungen, die eine gute Wärmeleitfähigkeit haben, keine andere Thermoisolation erforderlich ist. Wichtig sein jedoch, die Dentinkanäle dicht zu verschließen, um toxische Einwirkungen auf die Pulpa zu verhindern. Nach Cox (1994) ist dazu die Abdeckung des Dentins mit hydrophile Primer geeignet. Pashley (1985) andererseits betont die Effektivität von basischen Materialien für die Beruhigung der Pulpa. Perdigao (1993) kommentiert die Stärke und Qualität der Dentinwand, die ein Ausdruck der Abwehrleistung der Pulpa sein kann. Ein höherer Grad der Dentinsklerosierung macht eine bessere Haftung von Imprägnationssystemen möglich.

Alle Kavitäten in der vorliegenden Studie wurden unabhängig von der Wahl des Füllungsmaterials versorgt. In bis zum inneren Dentindrittel reichenden Präparationen, wurde immer ein Ca-OH-Unterfüllungszement verwendet. Sogar Cox (1994) gibt zu, daß solche Zemente einige Zeit nach der Anwendung eine bakteriostatische Wirkung beibehalten. Toxine und Bakterien sind in saurer Umgebung wirksam. Wenn sie mit der Flüssigkeit in den Tubulen in Kontakt kommen, können sie auch die Pulpa infizieren (White 1994). Die Basizität dieser Zemente kann somit die Azidität von Bakterien und Toxinen abpuffern. Über den Ca-OH-Zementen wurden entweder Phosphatzement, Glasionomermaterial oder nur Dentinadhäsive verwendet. Die Vitalität der beobachteten Zähne und die Nichterwähnung von Beschwerden nach der Behandlung blieben den ganzen Beobachtungszeitraum hindurch unverändert. Neben den anderen, bereits aufgezählten Parametern für die Qualität der Füllung dürfte diese Art von Dentinschutz für dieses Ergebnis ausschlaggebend gewesen sein.

Bei Inlays werden im zahntechnischen Labor die Approximalkontakte nach physiologischen Kriterien gestaltet. Mehrflächige plastische Füllungen werden dagegen meist unter Zuhilfenahme einer Matrize gelegt. Durch die Eigenstärke der Matrize, die Form des Matrizenbandes oder auch das Material des Matrizenbandes kann es unter klinischen Bedingungen schwierig sein, einen korrekten approximalen Kontakt zu etablieren. Der Kondensationsvorgang erleichtert bei Amalgamfüllungen die Adaption des Matrizenbandes an den Nachbarzahn, was bei Kompositfüllungen aufgrund des Fließverhaltens schwieriger ist. Die Qualität des

Approximalkontaktes kann man direkt z. B. mit Hilfe einer Zahnseide beurteilen oder indirekt über den Entzündungsgrad der Gingiva (z. B. Traumatisierung durch Nahrungsreste).

Anhand der Beurteilung mit Hilfe von Zahnseide lies sich kein Unterschied in der Qualität der Approximalkontakte zwischen den Füllungsarten erkennen. Der Zustand der Gingiva in Zahnzwischenräumen gibt einen indirekten Hinweis auf die Qualität des Kontaktes zwischen Füllung und Zahn aber gleichzeitig auch über die Ausarbeitung der Füllung im Bereich der auf der Approximalstufe. Überhänge oder negative Stufen begünstigen die Ansammlung von bakterieller Plaque. Dasselbe gilt für raue Flächen oder retiniertes Füllungsmaterial im Zwischenzahnraum. Als Folge davon kommt es zu Zahnfleischentzündungen und Irritationen und zu Blutungen des Randzahnfleisches. An beobachteten Zähnen reichte die Approximalstufe apikal höchstens bis zum Zahnfleischniveau. Falls die Approximalstufe nach der Präparation unter diesem Niveau war, wurde eine Gingivektomie durchgeführt. Es wurde nur dann gefüllt, wenn die Gingiva reizlos war. Andernfalls wurde zunächst die Gingivitis behandelt. Nach der Ausheilung der Entzündung, wurde der Zahn mitsamt Füllung in die Untersuchung aufgenommen. Während der Kontrolle der übrigen Parameter wurde auch der Zahnbelag kontrolliert, wenn auch das nicht Gegenstand der Untersuchung gewesen ist. So kommt im gesamten Beobachtungszeitraum nur einmal die Bewertung Bravo vor für den Zustand der Gingiva im Interdentalbereich, die auf einen mangelhaften Approximalkontakt zurückzuführen war. Der betreffende Zahn war mit einem Artglass-Inlay versorgt worden. Approximal waren keine Kleberreste oder andere Unregelmäßigkeiten zu finden.

Bei den Kontrolluntersuchungen gaben die Patienten keine Beschwerden an, die auf die Behandlung zurückzuführen war. Alle Fälle wurden den ganzen Beobachtungszeitraum hindurch mit Alpha bewertet. Ein Zahn wurde vor der letzten Kontrolle im Zuge eines orthodontischen Eingriffes extrahiert, weshalb diese Angabe fehlt. Die übrigen 175 wurden auch bei der dritten Kontrolle für den Zustand nach der Behandlung mit Alpha bewertet.

Bei Amalgamfüllungen wurde jedoch manchmal ein Brennen auf der Zunge oder im Mund einige Tage nach der Behandlung erwähnt. Die Beschwerden verschwanden von selbst in einigen Tagen.

Bei der ersten Kontrolle sieben Tage nach der Behandlung gab es keinerlei Beschwerden mehr. Nach der ersten Kontrolle wurden Amalgamfüllungen nachpoliert. Die erwähnten Beschwerden waren das Ergebnis der Freisetzung von Ionen bei der Oxidation der Amalgamoberfläche. Olson (1994) meint, die Hauptkorrosionsprodukte des Amalgams seien Metallsulfide. Zinkoxide verhindern die Korrosion des Amalgams weitgehend (Ogletree 1995).

Auch Johansson (1995) bestätigt eine verminderte Korrosivität von polierten Amalgamflächen. Die einzige Bewertung, die sich signifikant gebessert hat, war die Meinung der Patienten über die Untersuchung.

Am zufriedensten waren Patienten, denen Amalgamfüllungen gemacht worden sind. Am wenigsten zufrieden waren Patienten, denen Inlays gemacht worden sind. Irgendwo in der Mitte zwischen diesen beiden Gruppen lagen Patienten mit Kompositfüllungen. Amalgam war den meisten Patienten vertraut. Außer ästhetischen Gründen gibt es im Patientengut des Behandlers kaum Gründe, Amalgam nicht zu akzeptieren. Die Patienten in der vorliegenden Untersuchung waren über Diskussion um eine mögliche Gesundheitsschädlichkeit des Amalgams informiert. Weil jedoch bisher noch kein überzeugender Grund vorliegt, auf die Anwendung von Amalgams zu verzichten, gibt es auch keinen Anlaß, es dem Patienten nicht als Füllungsmittel vorzuschlagen.

Die am häufigsten genannten Beschwerden waren durch das Untersuchungsprotokoll verursacht. Kritisiert wurde beispielsweise die hohe Zahl an Abformungen sowie der damit verbundene hohe Zeitaufwand. Dennoch war die Kooperationsbereitschaft der Patienten groß. Das wird auch durch die vollständig durchgeführte Kontrolle in allen drei Beobachtungssitzungen belegt. Die Patienten zeigten Verständnis und Achtung für den Umfang der Untersuchung. Alle 58 kamen Einladungen zu Kontrollen regelmäßig nach. Einige meinten allerdings, daß das Nachpolieren von Amalgamfüllungen nach einer Woche überflüssig sei.

Gerade umgekehrt waren die Reaktionen von Patienten mit Artglass-Inlays. Nicht weniger als ein Viertel von ihnen bekam Füllungen aus drei oder vier verschiedenen Materialien. An den Inlays hatten sie am meisten auszusetzen. Meist wurde das zeitlich zu anspruchsvolle Verfahren beanstandet. Schon allein die Präparation der Kavität für das Inlay ist wegen ihrer Besonderheiten zeitaufwendiger. Das Einpassen und Befestigen der Inlays mit mehreren Flächen kann ebenfalls sehr zeitaufwendig sein. Patienten, die außer einem Inlay auch eine Kompositfüllung bekamen, sahen subjektiv zwischen den beiden keinen wesentlichen Unterschied. Ästhetisch waren beide Füllungen vergleichbar. Der für die Inlays erforderliche Zeitaufwand war allerdings beachtlich größer als bei Füllungen.

Einige Bemerkungen gab es zu den Aufnahmen für die Fotodokumentation. So wurden beispielsweise die Wangenhalte und die Spiegelaufnahmen wurden von manchen Patienten als störend empfunden. Manchmal war die Aufnahme auch technisch schwer durchzuführen beispielsweise dann, wenn der Zahn weit distal lag, der Patient eine kleine Mundöffnung und einen starken Würgereflex hatte.

Die Bewertung des Verfahrens und der Gesamteindruck der Füllung haben sich allerdings bis zur nächsten Kontrolle nach einem halben Jahr signifikant gebessert. Die Alpha-Gesamtheitsbewertung durch die Patienten stieg von 59 % auf 78 % an. Alle anderen bewerteten das Verfahren mit Bravo, keiner fand es unzumutbar.

Der Anstieg der günstigen Beurteilungen für das gesamte Verfahren war zu erwarten, nicht zu erwarten war die Signifikanz. Ein wesentliches Argument hierfür dürfte das Feedback über die Qualität der Restauration während der Befunderhebung sein. Der Patient nimmt die positiven Ergebnisse der Versorgung im Laufe der Studie zur Kenntnis. Weil er so selbst die Qualität der Füllung bewerten lernt, steigt seine Zufriedenheit und damit auch die Kooperationsbereitschaft für die Kontrollen. Für die Halbjahreskontrollen mußten einige Patienten mehrmals gerufen werden. Nachdem sie die Teilergebnisse gesehen hatten, war die Bereitschaft, zur Jahreskontrolle zu kommen, größer.

Hinsichtlich der Bewertung durch die Patient nehmen die Kompositfüllungen einen Zwischenstellung zwischen Amalgamfüllungen und Kompositinlays ein. Es konnte keine wesentlich Veränderung zwischen den einzelnen Besuchen festgestellt werden. Die meisten dieser Patienten wollten eine Kompositfüllung in erster Linie aus ästhetischen Gründen. Wenn die ästhetischen Erwartungen solcher Patienten erfüllt waren, waren sie zufrieden. Deshalb störte sie auch das verhältnismäßig unangenehme Protokoll der Parameterregistrierung nicht. Ihre Bewertung blieb auch bei allen drei Kontrollen unverändert.

Alle von der Untersuchung erfaßten Patienten waren parodontal gesund. So war bei der ersten Kontrolle keine Lockerung der Zähne zu verbuchen. Alle Zähne behielten den festen Sitz bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes bei. Während der Untersuchung hat sich der Zustand bei keinem Zahn verschlechtert. Was auch auf die Gesundheit des Zahnes als Organ im Ganzen hinweist. Die auf den Zähnen erbrachten Leistungen wirkten sich auf die Zähne nicht nachteilig aus. Auch nicht im Sinne einer Lockerung. Ein ähnliches Bild bieten auch die Antagonisten, bei denen ebenfalls keine Lockerung festgestellt wurde. Im gesamten Beobachtungszeitraum wurden nur je ein mesialer und distaler Antagonist mit dem Lockerungsgrad 1 bewertet.

Die Notwendigkeit der sofortigen Erneuerung der Füllung wurde in der Studie mit der Bewertung Delta verbucht. Diese Bewertung dient dem Schutz des Patienten. Der Wunsch nach wissenschaftlicher Überprüfung darf nämlich nicht vor der Sorge für die Gesundheit des Patienten gehen. Mit Delta wurde von 176 Füllungen nur eine bewertet. Die Einzelfallanalyse zeigte, daß

die Patienten auf einen harten Gegenstand gebissen hatte. Als Folge davon kam es zu einer Längsfraktur, so daß der ganze obere Füllungsteil herausfiel. Da Dentin freilag, wurde dieser Fall mit Delta beurteilt, wobei nicht eindeutig nachvollziehbar ist, ob es sich um einen traumatisch- oder einen materialbedingten Füllungsverlust handelt. Der Patientin wurde die gesamte Füllung sofort erneuert.

Es gab auch einige Charlie-Bewertungen. Diese bedeuten eine Erneuerung der Füllung aus Gründen der Prophylaxe. Meist wurde diese Bewertung wegen der mangelhaften Farbanpassung vergeben. Sie kam allerdings auch bei der Bewertung von Okklusionsbeziehungen vor. Die mangelhafte Farbanpassung hat jedoch keine Gefährdung des Zahnes bzw. der Gesundheit des Patienten zur Folge. Allen, bei denen es wegen der Farbe zu dieser Bewertung gekommen ist, wurde die Möglichkeit der Erneuerung der Füllung angeboten. Der Grund für die Zurückweisung der Erneuerung war immer gleich. Im Seitenzahnbereich ist die Füllung ästhetisch weniger auffällig. Die mangelhafte Farbanpassung kommt somit weniger stark zum Ausdruck. Den Patienten war nur wichtig, daß kein Amalgam sichtbar war.

Die Gesamtbewertung der Füllung durch den Therapeuten hat sich den ganzen Beobachtungszeitraum hindurch nicht geändert. Etwa 60 % der Füllungen wurden mit Alpha bewertet und etwa 40 % mit Bravo. Unterschiede zwischen Materialien machten sich nicht bemerkbar.

Alle in dieser Studie verwendeten Materialien gehörten der oberen Qualitätsklasse an. Die Arbeit damit war angenehm und nicht anstrengend. Das Erscheinungsbild der Füllungen war sehr akzeptabel, auch beim Amalgam. Als Erscheinungsbild wird der Gesamteindruck der Füllung und ihre Kompatibilität mit dem Zahn aufgefaßt. Dem Amalgam kann nur die mangelhafte Farbanpassung vorgeworfen werden. Bei allen anderen Bewertungen war das Amalgam gleich zufriedenstellend. Als Füllungsmittel ist es noch immer das meist verwendete Material. Einige Unannehmlichkeiten entstehen während der Kondensation, bei der wegen der Beseitigung des Quecksilberüberschusses auch die Modellation in Mitleidenschaft gezogen wird.

Diese Schwierigkeiten gibt es bei aus Tuben zu dosierenden Kompositen nicht. Allerdings kann der Zeitaufwand bei der Anfertigung einer komplizierten Füllung auf mehreren Flächen nicht als Maßstab für die Materialwahl herangezogen werden.

Ein versierter Therapeut braucht für einen Kompositfüllung nicht wesentlich mehr Zeit als für eine korrekt gelegte Amalgamfüllung. Bei der Amalgamfüllung muß noch der nächste Arztbesuch zur Politur der Füllung berücksichtigt werden. Die Modellation von Okklusalfächern ist beim Amalgam ebenfalls zeitaufwendig. Es ist größere Konzentration notwendig, um die bereits fertigen Füllungsteile bei der weiteren Arbeit nicht zu beschädigen. Bei Kompositen gibt es solche Schwierigkeiten nicht. Der zufriedenstellend fertige Teil der Füllung wird polymerisiert und anschließend kann weitergearbeitet werden. So ist die Modellation schneller und einfacher. Poliert werden kann in derselben Sitzung, was für den Patienten größeren Komfort und auch Zeitersparnis mit sich bringt.

Inlays sind die aufwendigste Füllungstechnik im Seitenzahnbereich. Es sind mehrere Phasen erforderlich, was für den Patienten besonders belastend ist. Oft müssen sie trotz der sorgfältigen Laborbearbeitung angepaßt und korrigiert werden. Die Beseitigung des Klebers in engen und schlecht zugängigen Approximalbereichen fordert außerdem sehr gutes Sehvermögen. Inlays, bei denen approximal Überschuß zurückbleiben, sind nicht akzeptabel. Wegen der schlechten Bedingungen in Interdentalräumen kann es zu iatrogen verursachter Gingivitis und möglicherweise auch Parodontitis kommen. Der Schaden eines mangelhaft eingesetzten Inlays ist somit größer als der Nutzen seiner ästhetischen Wirkung. Inlays sind jedoch gerade wegen der Laboranfertigung sehr präzise und exakte Füllungshilfsmittel. Auch wegen der Laboranfertigung weisen sie die besten, vom bestimmten Material gebotenen Eigenschaften auf.



### Schlußfolgerung

Auch im Seitenzahnbereich sind heute ästhetische Gesichtspunkte neben der Biokompatibilität, Randständigkeit und Verschleißfestigkeit von besonderem Interesse. Im Zusammenhang mit Werkstoffen, die alternativ zu Amalgam verwendet werden können, werden zahlreiche und z. T. umfangreiche klinische Prüfungen durchgeführt. Aufgrund des mit klinischen Prüfungen verbundenen großen zeitlichen und finanziellen Aufwandes werden in der Regel meist nur ein oder zwei Füllungsmaterialien oder –techniken in einer Studie verglichen. Unterschiede im Studiendesign oder unterschiedliche Evaluationskriterien erschweren oder verhindern den direkten Vergleich dieser Studien.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden vier verschiedene Materialien durch einen Behandler gelegt und nach einheitlichen Kriterien verglichen. Auf diese Weise wurden beispielsweise Unterschiede zwischen verschiedenen Untersuchern vermieden und auch hinsichtlich der Patientenpopulation, Präparation etc. eine gute Stratifizierung zwischen den einzelnen Versuchsgruppen erzielt.

Die in die Studie einbezogenen Werkstoffe repräsentieren unterschiedliche Behandlungskonzepte:

Amalgamfüllungen wurden als Vergleichsstandard gewählt, da sich diese Versorgungsform über Jahrzehnte bewährt hat. Im Vergleich zu Amalgam wurden die plastisch verarbeiteten Komposite Charisma und Solitaire, sowie Kompositinlays, die im Labor hergestellt wurden, gelegt. Charisma ist ein Feinpartikelhybridkomposit, zu dem zu Beginn der Studie bereits umfangreiche klinische Erfahrungen vorlagen. Das Komposit Solitaire dagegen war zu Beginn der Studie erst als experimentelle Variante verfügbar. Solitaire zeichnet sich durch zwei konzeptionelle Unterschiede im Vergleich zu Charisma aus: zum einen wurden der Matrix polyvalente Verknüpferrmonomere zugesetzt, wodurch einen „bruchzähere“ Matrix angestrebt wurde, zum anderen wurden poröse Füllkörper zugefügt. Die porösen Füllkörper veränderten sowohl die Verarbeitungseigenschaften als auch – nach Vorstellung des Herstellers – die mechanischen Daten (z. B. weniger Kontraktionsschrumpfung, weniger Verschleiß). Die Wahl der Kompositinlays als vierte Gruppe wurde durch die Überlegung beeinflusst, daß in diesem Material ähnlich wie bei Solitaire eine polyvalent verknüpfte Matrix vorlag, das Füllkörpersystem jedoch weitgehend konventionell war. Gleichzeitig weisen Kompositfüllungen den Vorteil auf, komplexe anatomische Details (okklusal, zervikal, approximal) besser wiedergeben zu können und durch die extraorale Polymerisation soll eine zusätzliche Verbesserung der mechanischen Eigenschaften erzielbar sein.



Die klinische Auswertung der vier Versuchsgruppen über einen Zeitraum von 12 Monate erfolgte nach Kriterien, die sich weitgehend an dem sog. USPHS-Standard orientieren. Dieser Standard ist durch eine Einteilung in 4 Kategorien gekennzeichnet, wobei die Kategorien Alpha und Bravo klinisch akzeptable Füllungen unterschiedlicher Qualitätsausprägung beschreiben (Alpha ohne Mängel, Bravo tolerierbare Mängel). Die Kategorien Charlie und Delta entsprechen Füllungen, die entweder in Kürze (Charlie) oder sofort (Delta) ausgewechselt werden müssen, um weitere negative Auswirkungen auf den Zahn oder dessen Vitalität zu vermeiden. Die Studie war gemäß den üblichen Vorgaben als „feasibility“-Studie angelegt. Bei diesem Typ werden von wenigen Vorgaben abgesehen, Zahndefekte unterschiedlicher Größe und Belastung versorgt. Über die Zahl der Füllungen können so frühe Versager (z. B. in Folge postoperativer Beschwerden) bzw. Versagensmuster identifiziert werden.

Die statistische Auswertung der klinischen Zielvariablen ergab keinen Unterschied hinsichtlich der klinischen Bewährung innerhalb von 12 Monaten zwischen den einzelnen Versuchsgruppen. Unterschiede ergaben sich jedoch hinsichtlich der ästhetischen Beurteilung zwischen Amalgam und den zahnfarbenen Restaurationen. Unterschiede ergaben sich auch hinsichtlich des Zeit- und Kostenaufwandes zwischen den Kompositinlays und den plastisch verarbeiteten Füllungen. Die Patienten bevorzugten eindeutig, sicher auch durch die Form der Krankenversicherung in Slowenien bedingt, die plastisch verarbeiteten Füllungen. Inlays setzen auch eine aufwendigere Präparation voraus und häufig resultiert auch ein größerer Substanzverlust aus den Präparationsrichtlinien für Inlays.

Man kann somit aus der vorliegenden Studie als ein wesentliches Ergebnis einen eindeutigen Vorteil zugunsten der plastisch verarbeiteten Kompositfüllungen ableiten. Ein weiteres wesentliches Ergebnis ist allerdings auch, daß die klinischen Kriterien zumindest für einen Zeitraum von 12 Monaten keine Unterschiede zwischen den heute verfügbaren modernen Füllungswerkstoffen ermitteln konnten, obwohl Laboruntersuchungen hier durchaus Unterschiede finden. Es erhebt sich somit die Frage, ob die klinischen Kriterien und das hier gewählte, international etablierte Studiendesign geeignet sind, Werkstoffunterschiede zu identifizieren.

### **Zusammenfassung**

In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Seitenzahnrestaurationsmöglichkeiten verglichen. Amalgamfüllungen, die nach den klassischen Regeln von Black verarbeitet worden waren, dienten als klinisch bewährte Vergleichsgruppe. Als plastisch verarbeitete Kompositwerkstoffe wurde das Hybridkomposite Charisma (Kulzer, Wehrheim), für das ebenfalls klinische Langzeitdaten vorliegen, und das neue Komposit Solitaire (Kulzer, Wehrheim) gewählt. Als vierte Versorgungsmöglichkeit wurden Kompositinlays aus Artglass (Kulzer, Wehrheim) gewählt.

Alle vier Füllungswerkstoffe waren nach einer Beobachtungszeit von einem Jahr klinisch erfolgreich. Sowohl die plastisch verarbeiteten Composite als auch das Kompositinlaysystem wiesen zu Amalgam vergleichbare Bewertungen in den untersuchten Kategorien auf. Besonders hervorzuheben sind die Ästhetik und Farbstabilität der Adhasivrestaurationen.

Die vorliegende Studie konnte die häufig als Vorteile von Amalgam genannten »geringen Kosten« oder dessen »einfache Verarbeitung« nicht bestätigen. Gerade bei großen Kavitäten ist der Aufwand der Amalgamkondensation und Oberflächengestaltung vergleichbar zur Inkrementtechnik und Ausarbeitung von plastischen Kompositfüllungen.

Im Vergleich zu den plastischen Füllungsalternativen sind Kompositinlays wesentlich zeit- und kostenaufwendiger, da sie neben einer anspruchsvolleren Kavitätenpräparation alle mit einer zweizeitigen Technik verbundenen Arbeitsschritte (Abformung, temporäre Versorgung, Labortechnik etc.) erfordern.

Unter dem Gesichtspunkt im Sinne gering-invasiver Präparationen Zahnhartsubstanz zu schonen sollte v.a. bei Primärpräparationen plastischen Adhäsivfüllungen der Vorzug gegeben werden.

- Al-Duwairi, Y., Hadj-Hamou, R.: Amalgam restorations: A new approach. *J Prost Dent* 69, 2, 138–140 (1993).
- Asaoka, K.: Effects of creep value and occlusal force on Marginal Adaptation of amalgam filling. *J Dent Res* 73, 9, 1539–1545 (1994).
- Bayne, S.C., Taylor, D.F., Rekow, E.D., Wilder, A.D., Heymann, H.O.: Confirmation of Leinfelder clinical wear standards. *Dent Mater* 10, 11–18 (1994).
- Bayne, S.C., Heymann, H.O., Swift, E.J.: Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc* 125, 687–701 (1994).
- Berdouses, E., Vaidyanathan, T.K., Dastsne, A., Weisel, C., Houpt, M., Shey, Z.: Mercury release from dental amalgams: An in vitro study under controlled chewing and brushing in an artificial mouth. *J Dent Res* 74, 5, 1185–1193 (1995).
- Bertolotti, R.L.: Veneers aus Artglass. *Dent Spi* 1, 1–2 (1996).
- Berry, T.G., Nicholson, J., Troendle, K.: Almost two centuries with amalgam: Where are we today? *J Am Dent Assoc* 125, 392–399 (1994).
- Blair, F.M., Whithworth, J.M., McCabe, J.F.: The physical properties of a gallium alloy restorative material. *Dent Mater* 11, 277–280 (1995).
- Caughman, W.F., Rueggeberg, F.A., Curtis, J.W.: Clinical guidelines for photocuring restorative resins. *J Am Dent Assoc* 126, 1280–1284 (1995).
- Chigira, H., Yukitani, W., Hasegawa, T., Manabe, A., Itoh, K., Hayakawa, T., Debari, K., Wakumoto, S.: Self-etching dentin primers containing Phenil – P. *J Dent Res* 73, 5, 1088–1095 (1994).
- Chung, K.-h.: Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of Resin composites. *Dent Mater* 10, 325–330 (1994).
- Corbin, S.B., Kohn, W.G.: The benefits and risks of dental amalgam: Current findings reviewed. *JADA*, 125, 381–388 (1994).
- Cox, C.F., White, K.C., Ramus, D.L., Farmer, J. B., Snuggs, H.M.: Reparative dentin: factors affecting its deposition. *Quintess Int* 23, 4, 257–270 (1992).
- Cox, C.F., Suzuki, S.: Re-evaluating pulp protection: calcium hydroxide liners vs. cohesive hybridization. *J Am Dent Assoc* 125, 823–831 (1994).
- Cvar, J.F., Ryge, G.: Criterion for the clinical evaluation of dental restorative materials. USPHS Publication NO 790 244, San Francisco, United States Government Printing Office (1971) zitiert nach: Vanherle, G., Smith, D.C. (Hrsg.): Posterior composite resin dental restorative materials. Szulc, Holland 1985, S. 352.
- Ernst, C.-P., Martin, M., Willershausen, B. Klinische Studie zum Füllungswerkstoff Solitaire. Teil I und II. *Zahnärztl Welt Rundsch* 107, 598–602 (1998).
- Ferracane, J.L., Nakajima, H., Okabe, T.: Enhanced evaporation of mercury from amalgams in non-oxidizing environments. *Dent Mater* 9, 300–305 (1993).
- Ferracane, J.L., Mitchem, J.C.: Properties of posterior composites: results of round robin testing for a specification. *Dent Mater* 10, 92–99 (1994).

- Ferracane, J.L., Adey, J.D., Nakajima, H., Okabe, T.: Mercury vaporization from amalgams with varied alloy compositions. *J Dent Res* 74, 7, 1414–1417 (1995).
- Ferracane, J.L., Mitchem, J.C., Condon, J.R., Todd, R.: Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *J Dent Res* 76, 8, 1508–1516 (1997).
- Fülleman, J., Lutz, F.: *Schweitz Monatsschr Zahnmed*, 98, 759 (1988).
- Garcia-Barbero, A.E., Garcia-Barbero, J., Lopez-Calvo, J.A.: Bonding of amalgam to composite: tensile strength and morphology study. *Dent Mater* 10, 83–87 (1994).
- de Gee, A.J., Feilzer, A.J., Davidson, C.L.: True linear polymerization shrinkage of unfilled resins and composites determined with a linometer. *Dent Mater* 9, 11–14 (1993).
- Giezendanner, P.: Artglass – eine Alternative für die metallfreie Einzelzahnrestauration. *Dent Spec* 2, 2, 1–7 (1997).
- Gladys, S., van Meerbeek, B., Braem, M., Lambrechts, P., Vanherle, G.: Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional Glass-ionomer and resin composite restorative materials. *J Dent Res* 76, 4, 883–894 (1997).
- Hadavi, F., Hey, J.H., Czech, D., Ambrose, E.R.: Tensile bond strength of repaired amalgam. *J Prosth Dent* 67, 3, 313–316 (1992).
- Hickel, R., Kunzelmann, K.-H., Obermeier, T.: Die Kompositfüllungen im Seitenzahnbereich – Teil I. *ZWR* 103, 10, 610–618 (1994).
- Hoppenbrouwers, P.M.M., Verzijden, C.W.G.J.M., Creugers, N.H.J.: Analysis of the results of a laboratory test on resin composite cements for resin-bonded bridges. *J Dent Res* 74, 12, 1833–1835 (1995).
- Htang, A., Ohsawa, M., Matsumoto, H.: Fatigue resistance of composite restorations: Effect of filler content. *Dent Mater* 11, 7–13 (1995).
- Imazato, S., McCabe, J.F.: Influence of incorporation of antibacterial monomer on curing behavior of dental composite. *J Dent Res* 73, 1641–1645 (1994).
- J Am Dent Assoc: Products of excellence. ADA Seal Program Suppl. *J Am Dent Assoc* 1 (1997).
- Janda, R.: Der Stand der Entwicklung auf dem Gebiet der Zahnfüllungskunststoffe (II). *Quintess Int* 20, 1243–1253 (1988).
- Johansson, B.I., Bergman, B.: Corrosion of titanium and amalgam couples: Effect of fluoride, area size, surface preparation and fabrication procedures. *Dent Mater* 1, 41–46 (1995).
- Jontell, M., Hanks, C.T., Bratel, J., Bergenholtz, G.: Effects of unpolymerized resin components on the function of accessory cells derived from the rat incisor pulp. *J Dent Res* 74, 1162–1167 (1995).
- Jorgensen et al.: Enamel damages caused by contacting restorative resins. *Scand J Dent Res* 83, 120–122 (1975).
- Kan, K.C., Messer, L.B., Glass-Messer, H.H.: Variability in cytotoxicity and fluoride release of resin-modified ionomer cements. *J Dent Res* 76, 1502–1507 (1997).
- Kanca, J.: Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintess Int* 23, 1, 39–41 (1992).

- Kawai, K., Leinfelder, K.F.: In vitro evaluation of OCA wear resistance of posterior composites. *Dent Mater* 11, 246–251 (1995).
- Kawai, K., Heyashi, M., Torii, M., Tsuchitani, Y.: Marginal adaptability and fit of ceramic milled inlays. *JADA* 126, 1414–1419 (1995).
- Kluge, G., Savic, N.: Vollverblendete Doppelkronen mit Artglass. *Quint Zahn* 23, 4, 437–444 (1997).
- Krämer, N.K., Kunzelmann, K.-H., Pollety, T., Pelka, M., Hickel, R.: Langzeiterfahrungen mit Cerment-Zementfüllungen in Klasse-I/II-Kavitäten. *Dtsch Zahnärztl Z* 49, 11, 905–909 (1994).
- Krämer, N., Kunzelmann, K.-H., Mumesohn, M., Pelka, M., Hickel, R.: Langzeiterfahrungen mit einem mikrogefüllten Komposit als Inlaysystem. *Dtsch Zahnärztl Z* 51, 6, 342–344 (1996).
- Krejci, I., Lieber, C.M., Lutz, F.: Time required to remove totally bonded tooth-colored posterior restorations and related tooth substance loss. *Dent Mater* 11, 34–40 (1995).
- Kunzelmann, K.-H., Mehl, A., Hickel, R.: Plastische Keramik als Zahnfüllung? Entwicklung neuer Amalgamalternativen. *Einsichten* (1997).
- Kunzelmann, K.-H., Krause, F., Hickel, R.: Dentinhaftung von Kompositfüllungen und Keramikinlays in Klasse-II-Kavitäten. *Dtsch Zahnärztl Z* 48, 724 (1993).
- Kunzelmann, K.-H.: Glass-ionomer Cements, Cermet cements, "Hybrid"-Glass-ionomers and compomers - Laboratory Trials - Wear Resistance. Vortrag anlässlich der 27. Jahrestagung der American Association For Dental Research (AADR) in Minneapolis, USA, (1998).
- Langworth, S., Sallsten, G., Barregard, L., Cynker, I., Lind, M.-L., Söderman, E.: Exposure to mercury vapor and impact on health in the dental profession in Sweden. *J Dent Res* 76, 7, 1397–1404 (1997).
- Leinfelder, K.F.: After amalgam, what? Other materials fall short. *J Am Dent Assoc* 125, 586–589 (1994).
- Letzel, H., de Boer, F.A., Van Hof, M.A.: An estimation of the size distribution of amalgam particles in dental treatment waste. *J Dent Res* 76, 3, 780–788 (1997).
- Lutz, F., Barbakow, F.: Chewing pressure vs. wear of composites and opposing enamel cusps. *J Dent Res* 71, 8, 1525–1529 (1992).
- Lutz, F., Krejci, I.: Mesio-occlusodistal amalgam restorations: Quantitative in vivo data up to 4 years. A data base for the development of amalgam substitutes. *Quintess Int* 25, 3, 185–190 (1994).
- Lytle, H.A., Bowden, G.H.: The resistance and adaptation of selected oral bacteria to mercury and its impact on their growth. *J Dent Res* 72, 9, 1325–1330 (1993).
- Mahler, D.B., Engle, J.H., Simms, L.E., Terkla, L.G.: One-year clinical evaluation of bonded amalgam restorations. *JADA* 127, 345–349 (1996).
- Mahler, D.B., Engle, J.H., Phillips, D.S.: The interval nature of an ordinal scale for measuring the marginal fracture of amalgam. *Dent Mater* 9, 162–166 (1993).
- Mahler, D.B., Bryant, R.W.: Microleakage of amalgam alloys: an update. *J Am Dent Assoc* 127, 1351–1358 (1996).
- Marek, M.: The effect of the electrode potential on the release of mercury from dental amalgam. *J Dent Res* 72, 9, 1315–1319 (1993).

- Marek, M.: Dissolution of mercury from dental amalgam at different pH values. *J Dent Res* 76, 6, 1308–1315 (1997).
- Martin, M.D., Naleway, C., Chou, H.-N.: Factors contributing to Mercury exposure in Dentists. *J Am Dent Assoc* 126, 1502–1511 (1995).
- McComb, D.: Evaluation of clinical wear of posterior composite resins. In: Posterior composite resin dental restorative materials. In: Vanherle, G. und Smith, D.C. (Hrsg.): Posterior composite resin dental restorative materials. Szcule, Holland, S. 511. (1985)
- van Meerbeek, B., Inkoshi, S., Braem, M., Lambrechts, P., Vanherle, G.: Morphological Aspects of the resin – dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 71, 8, 1530–1540 (1992).
- van Meerbeek, B., Dhem, A., Goret-Nicaise, M., Braem, M., Lambrechts, P., Vanherle, G.: Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin – dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 72, 2, 495–501 (1993).
- van Meerbeek, B., Peumans, M., Verschueren, M., Gladys, S., Braem, M., Lambrechts, P., Vanherle, G.: Clinical status of ten dentin adhesive systems. *J Dent Res* 73, 11, 1690–1702 (1994).
- van Meerbeek, B., Perdigao, J., Lambrecht, P., Vanherle, G.: The Clinical performance of adhesives. *J Dent Res* 76, 1–20 (1998).
- Mehl, A., Gloger, W., Kunzelmann, K.-H., Hickel, R.: A new optical 3–D device for the detection of wear. *J Dent Res* 76, 11, 1799–1702 (1997).
- Midelmann, H.: Die metallfreie Vollkronen – technik. *ZMK* 3, 2–4 (1997).
- Mörmann, W.H.: Kompositinlay: Forschungsmodell mit Praxis potential? *Quintessenz* 20, 1891–1901 (1982).
- Nakabayashi, N., Ashizawa, M., Nakamura, M.: Identification of a resin – dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. *Quintess Int* 23, 2, 135–141 (1992).
- Ogletree, R.H., Marek, M.: Effect of mercury corrosion of h' Cu – Sn phase in dental amalgams. *Dent Mater* 11, 332–336 (1995).
- Okabe, T., Yamashita, T., Nakajima, H., Berglund, A., Zhao, L., Guo, I., Ferracane, J.L.: Reduced mercury vapor release from dental amalgams prepared with binary Hg – In liquid alloys. *J Dent Res* 73, 11, 1711–1716 (1994).
- Olsson, S., Berglund, A., Bergman, M.: Release of elements due to electrochemical corrosion of dental amalgam. *J Dent Res* 73, 1, 33–43 (1994).
- Osborne, J.W., Gale, E.N.: Relationship of restoration width, tooth position, and alloy to fracture at the margins of 13- to 14-year-old amalgams. *J Dent Res* 69, 9, 1599–1601 (1990).
- Pashley, D.H., O'Meara, J.A., Williams, E.C., Kepler, E.E.: Dentin permeability: Effects of cavity varnishes and bases. *J Prost Dent* 53, 4, 511–516 (1985).
- Pavšič, I.I., Kansky, A.A.: Sodelovanje čeljustne ortodontije in maksilofacialne kirurgije pri obravnavi skeletnih nepravilnosti obraza. *Zobozdrav Vestn* 52, 3, 83–91 (1997).
- Perdigao, J., Swift, E.J. Jr., Denehy, G.E., Wefel, J.S., Donly, K.J.: In vitro bond strenghts and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. *J Dent Res* 73, 1, 44–55 (1994).

- Pelka, M., Dettenhofer, G., Reinelt, C., Krämer, N., Petschelt, A.: Validität und Reliabilität klinischer Kriterien für adhäsive Inlaysysteme. *Dtsch Zahnärztl Z* 49, 921 (1994).
- Peutzfeldt, A.: Quantity of remaining double bonds of propanal – containing Resins. *J Dent Res* 73, 10, (1994).
- Pieper, K.: Qualitätssicherung in der Zahnmedizin – Definitionsphase. Kriterien für die Zahnerhaltungskunde. *IDZ Studienhandbuch der Arbeitsgruppe: Qualitätssicherung in der Zahnmedizin*, 61 (1988).
- Prati, C.: What is the clinical relevance of in vitro dentin permeability tests? *J Dent* 22, 2, 83–88 (1994).
- Qvist, V., Laurberg, L., Poulsen, A., Teglers, P.T.: Longevity and cariostatic effects of everyday conventional Glass – ionomer and amalgam restorations in primary teeth: Three – year Results. *J Dent Res* 76, 7, 1387–1396 (1997).
- Ryge, G., Snyder, M.: Evaluation the clinical quality of restorations. *J Am Dent Assoc* 87, 369 (1973).
- Ryge, G.: Clinical criteria. *Int Dent J* 30, 347–358 (1980).
- Rueggeberg, F., Tamareselv, K.: Resin cure determination by polymerization shrinkage. *Dent Mater* 11, 265–268 (1995).
- Saxe, S.R., Snowdon, D.A., Wekstein, M.W., D.A., Wekstein, M.W., Donegan, S.J., Wekstein, D.R.: Dental amalgam and Cognitive Function in older women: Findings from the Nun Study. *J Am Dent Assoc* 126, 1495–1501 (1995).
- Scheibenbogen, A., Menhart, J., Kunzelmann, K.-H., Kremers, L., Benz, C., Hickel, R.: One year clinical evaluation of composite and ceramic inlays in posterior teeth. *J Dent Res* 76(SI), 163, 1198 (1997).
- Sfikas, P.M.: Can a dentist ethically remove serviceable amalgam restorations? *J Am Dent Assoc* 127, 685–687 (1996).
- Simončič, B.: Predstavitev novega inštrumenta – nosilca za cementiranje solitarnih sider. *Zobozdrav. Vestn.*, 47, 1, 45–47 (1992).
- Simončič, B.: Steklasti cementi v zobozdravstvu. *Zobozdrav. Vestn.*, 49, 3, 79–81 (1994).
- Simončič, B.: Princip vezave kompozitov na dentin. *Zobozdrav. Vestn.*, 52, 1, 36–37 (1997).
- Staninec, M., Kawakami, M.: Adhesion and microleakage tests of new dentin bonding system. *Dent Mater* 9, 204–208 (1993).
- Walshaw, P.R., McComb, D.: SEM evaluation of the resin – dentin interface with proprietary bonding agents in human subjects. *J Dent Res* 73, 5, 1079–1087 (1994).
- Wataha, J.C., Nakajima, H., Hanks, C.T., Okabe, T.: Correlation of cytotoxicity with elemental release from mercury – and gallium – based dental alloys in vitro. *Dent Mater* 10, 298–303 (1994).
- Watkins, J. H., Nakajima, H., Hanaoka, K., Zhao, L., Iwamoto, T., Okabe, T.: Effect of zinc on strength and fatigue resistance of amalgam. *Dent Mater* 11, 24–33 (1995).

White, K.C., Cox, C.F., Kanka, J., Dixon, D.L., Farmer, J.B., Snuggs, H.M.: Pulpal response to adhesive resin systems applied to acid-etched vital dentin: Damp vs. dry primer application. Quintess Int 25, 4, 259 - 267 (1994).

## 10.1. Füllungsmaterialien

### 10.1.1. Amalgame

Verwendet wurden Ana 3000 Duett (Nordiska Dental AG) und Oraloy Magicap S (Coltène AG).

Tabelle 1.1: Die prozentualen Bestandteile der in dieser Studie verwendeten Amalgame.

Bestandteil ( in %)	Ana 3000 Duett	Oraloy Magicap S
Mercurium	50	47
Silber	25	10
Zinn	15	10
Kupfer	10	10



## 10.1.2. Komposite

Für die Anfertigung von direkten plastischen Füllungen wurden Charisma (Kulzer) und Artglass (Kulzer) verwendet.

Eigenschaften	Solitaire	Charisma
Biegefestigkeit(ISO4049)	min100 MPa	min100 MPa
Härte nach Vickers	350/300 MPa	450/280 MPa
Wasseradsorption	bis 25µg/mm <sup>3</sup>	bis 22µg/mm <sup>3</sup>
Wasserlöslichkeit	0,1µg/mm <sup>3</sup>	3-5µg/mm <sup>3</sup>
Wärmeausdehnung	bis40ppm/C	bis30ppm/C
Dichte	1,7	1,95
Füllungstyp	poröses SiO <sub>2</sub> -Glas BaAlSiF-Glas Al-Si-F-Glas SrF <sub>2</sub>	BaAlSi-Glas SiO <sub>2</sub>
Gewicht des enthaltenen Füllmaterials	66 %	72 %
Volumen des enthaltenen Füllmaterials, Schätzung	75 - 90 %	60 %
Durchschn.Größe der Füllmitteleichen	SiO <sub>2</sub> -Glas: 8 µm BaAlSiF-Glas: 0,7µm Al-Si-F-Glas: 1,0µm SrF <sub>2</sub> : < 1,0 µm	SiO <sub>2</sub> : 0,7µm
Max.Größe der Füllungsmitteleichen	SiO <sub>2</sub> -Glas: 20µm andere 1,8 µm	1,8 µm
Komposittyp	tetra-, bi-, und monofunktionelle Acrylate (Polyglass)	Bis-GMA / TEGDMA

## 10.1.3. Polymerglas: Artglass

Für die Anfertigung von Adhäsivinlays wurde das Polymerglas Artglass (Kulzer) verwendet.

Eigenschaften	Mindestwerte	Normalwert
Harte Oberseite (ISO 0477:HZ0,2)	350 MPa	350-420 MPa
Aushärtungtiefe: 2mm (ISO 10477:HZ0,2)	300 MPa	300-350 MPa
Biegefestigkeit	100 Mpa	110-130 Mpa
Elastizitätsmodul	7.000 MPa	7.000-10.000 MPa
Schlagzähigkeit	3KJ/m <sup>2</sup>	3,2-4,0 KJ/m <sup>2</sup>
Bruchzähigkeit K <sub>ic</sub>	1,5 MPam 1/2	1,8-2,0 MPam 1/2
Polymersationsschrumpfung max.	3 Vol.-%	2,5-3,0 Vol.-%
Simulation Kontaktabrasion max.	15 µm/a	10-15 µm/a
Mittenrautiefe nach Politur mit Toolkit	0,5 µm	0,2-0,3 µm
Wasseraufnahme	<25 µg/mm <sup>2</sup>	20-23 µg/mm <sup>2</sup>
Wasserlöslichkeit	<1 µg/mm <sup>3</sup>	0-0,5 µg/mm <sup>3</sup>
Verbundfestigkeit Siloc/Artglassnach 5000 Zyklen = 4,5 d Temperaturwechselast 5 °C - 55°C	20 MPa	20-25 MPa

**10.1.4. Zemente****10.1.4.1. Unterfüllungszemente**

A. Calcium-Hydroxid-Zemente: Calcimol und Nu-cap (Vivadent).

B. Harvard Zement (schnellhärtend)

100 g Pulver enthalten	100 g Flüssigkeit enthalten
90 g Zinkoxid	53 g Phosphorsäure
9 g Magnesiumoxid	

C. Vitrebond

Das Pulver des Glasionomerzementes Vitrebond (3M) enthält Fluoroalumosilikatglas, die Flüssigkeit enthält eine polyalkenische Säure.

**10.1.4.2. Befestigungszemente**

A. Twinlook (Kulzer)

B. 2 Bond 2 (Kulzer)

**10.2. Dentinimprägnierungssystem**

A. Denthese II (Kulzer)

B. Solid bond P (Kulzer)

**10.3. Bondingsystem**

A. Adhesive bond (Kulzer)

B. Solid bond S (Kulzer).

**10.4. Abdruckmassen**

Silikonabdruckmassen Zhermack für den Grund- und Präzisionsabdruck:

A. Grundabdruck:

Zetaplus - Polysiloxane, kondensations-reaktives Silikoelektrometer, Typ I, hochviskos.

B. Präzisionsabdruck:

Oranwash - Polysiloxane, kondensations-reaktives Silikoelektrometer, Typ II, niedrig-viskos.

**10.5. Abdrucklöffel**

Die verwendeten Abdrucklöffel sind von De Trey, bestehen aus Aluminium und sind für den einmaligen Gebrauch vorgesehen. Sie formen jeweils eine Hälfte des Zahnbogens ab.

**10.6. Werkstoffe für die Modellherstellung**

A. Fujirock EP Typ IV (GC)

Härtungsexpansion: 0,08

Druckfestigkeit (MPa): 53,0

B. Epoxy-Die (Ivoclar)

Bei Epoxy-Die handelt es sich um ein Epoxidmaterial für den Präzisionsausguß von Modellen mit besonders hoher Festigkeit. Es wurde verwendet für die Modellherstellung zur Messung des Abrasionsgrades der Füllmaterialien.

Härtungsexpansion: 0,05

Expansionsfestigkeit (N/mm<sup>2</sup>): 75,0

## ADHÄSIV-DOKUMENTATION

Kodierung (in Klammern) zu jedem Punkt ankreuzen

Patient:

Einsetzdatum:

Register-Nr.:

1. Zahn (Kodierung für jeweiligen Zahn in Klammern)			
14 (1)	24 (6)	34 (11)	44 (16)
15 (2)	25 (7)	35 (12)	45 (17)
16 (3)	26 (8)	36 (13)	46 (18)
17 (4)	27 (9)	37 (14)	47 (19)
18 (5)	28 (10)	38 (15)	48 (20)

2. Füllungsausdehnung (p auch für Inlay)			
m (1)	mo (6)	mop (11)	modp (16)
o (2)	od (7)	mov (12)	modv (17)
d (3)	op (8)	odp (13)	odpv (18)
p (4)	ov (9)	odv (14)	odpv (19)
v (5)	mod (10)	pov (15)	TK (20)
		mopv (21)	

3. Füllungsart	
Kompositfüllung plastisch, ohne Inlay	(1)
Amalgamfüllung plastisch	(5)
Artglass Inlay	(6)

4. CP-Behandlung	
ja	(1)
nein	(2)

5. Zirkuläre Schmelzbegrenzung	
ja	(1)
nein	(2)

6. Sensibilität	
ja	(1)
nein	(2)

7. Versorgungsmaterial	
Oralloy (1)	Artglass (12)
Ana 3000 (2)	Charisma (13)
	Experimental Kutzer (14)

8. DBA	
keine	(1)
Solid Bond P	(3)
Solid Bond S	(7)

9. Unterfüllung	
keine (=DBA)	(1)
Harvard-PhZ	(3)
Andere	(4)
Calcimol	(5)
Nu-Cap	(6)
Vitreband	(7)

10. Einsetzement	
keiner (bei Ku/Am)	(1)
Twinklork	(4)
KROZ	(5)

11. Lokierung Misch (nach D3F, 0-4)	0	I	II	III	IV
a) behandelte Zahn	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
b) Antagonist mesial	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
c) Antagonist distal	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

12. Antagonist mes.:	Antagonist dist.:
(1) keiner/ kein Kont.	(1) keiner/ k. Kont.
(2) nat. Zahn	(2) nat. Zahn
(3) Am	(3) Am
(4) Komposit	(4) Komposit
(5) Keramik	(5) Keramik
(6) Gold	(6) Gold
(7) GEZ	(7) GEZ
(8) Antagonist im Beobachtungszeitraum mit neuer Füllung versorgt	(8) Antagonist im Beobachtungszeitraum mit neuer Füllung versorgt

Dokumentation:	
Gipsmodell der Kavität	<input type="checkbox"/>
Gipsmodell der Füllung	<input type="checkbox"/>
Harzmodell der Füllung (Epoxy Die)	<input type="checkbox"/>
Die gerahmt mit Okklusionskontakten (Okklusion = schwer, Antuktion = not)	<input type="checkbox"/>
RTG	<input type="checkbox"/>

## NACHUNTERSUCHUNGSBOGEN 1 WOCHE 1/2 Jahr 1Jahr

Zahn: \_\_\_\_\_ Flächen: \_\_\_\_\_ Lid Nr.: \_\_\_\_\_ Nachuntersucher: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_ Monate \_\_\_\_\_ Pat.Name: \_\_\_\_\_

Variable	A Oberfläch Lokalisation (Anterior)	B Farbmessung Beschädigung	C Amst. Form Lokalisation (Kariesstages) Komplex	D Amst. Form Lokalisation (Übersicht) Komplex
0 (alpha) exzellent	1 glatt	1 exzellent	1 exzellent	1 nicht beurbar
1 (bravo) akzeptabel	2 leicht rau (rekonturierbar)	2 etwas zu hell 3 etwas zu dunkel 4 etwas zu transparent 5 etwas zu opak	2 I unterkont 3 I überkont	2 I neg Stufe 3 I pos Stufe
2 (charlie) Ermüdung zur Pulverisation	3 stark rau (nicht rekont.)	6 viel zu hell 7 viel zu dunkel 8 viel zu transparent 9 viel zu opak	4 stark unterkont	4 st neg Stufe 5 st pos Stufe
3 (delta) Ermüdung stark	4 Oberflächrisse 5 Abblätterung			

Variable	E Merg. Integrität Lokalisation/Komplex	F Randverfärbung Lokalisation/Komplex	G Integrität Zähne Lokalisation/Komplex	H Integrität Füllung Lokalisation/Komplex
0 (alpha) exzellent	1 kein Randspalt sonderbar	1 Keine Verfärbung	1 exzellent	1 exzellent
1 (bravo) akzeptabel	2 Randspalt (neg Klebefuge 3 Klebefugenschluss	2 geringe Verfärbung	2 I Absplittung (rekonturbar) 3 Haarriss	2 I Absplittung (rekonturbar) 3 Rissbild (n. durch.)
2 (charlie) Ermüdung zur Pulverisation	4 Randspalt (Dentin) 5 Randspalt (UF)	3 deutlich starke Verfärbung	4 s. Absplittung (nicht nek.) 5 s. Absplittung (Dentin UV hell) 6 Riss (Sonde)	4 s. Absplittung (nicht nek.) 5 s. Absplittung (Dentin UV hell) 6 Rissbild (durch.)
3 (delta) Ermüdung stark	6 Restauration locker 7 sekundäres (Dentin)	4 Sekundäres	7 Höcker-/Zahnverlust	7 Randverl. mit Lockerung/Verlust

Variable	I Okkl./Artikulation Lokalisation/Komplex	J Approximalkontakte Lokalisation/Komplex mesial distal	K Sensibilität	L Gingiva mesial distal
0 (alpha) exzellent	1 exzellent	1 physiologisch 2 etwas zu schwach 3 etwas zu stark	1 positiv/neg. bei neg. Ausgangsbild	1 unauffällig
1 (bravo) akzeptabel	2 wenig Okkl. Kontakte 3 große Okkl. Kontakte 4 überhöhte O. 5 Laterale. kont. 6 Mediale. kont.		2 verfrüht/verstärkt 3 verzögert/schwach	2 vgl. weiche 1. erkrankt 2. wegen Spalt 3 * Reabsorption 3 4 * pos/neg. Stufe 4 5 * Randspalt 5 6 * zu weit Approx. 6
2 (charlie) Ermüdung zur Pulverisation	7 Infraklusion 8 Traumat. Okkl./Art. 9 Myopatie 10 Antrypathie	4 viel zu schwach	4 s. Verfrüht/Verstärkt 5 s. Verzögert/Schwach (mit Inlayeingliederung)	7 vgl. weiche 3. erkrankt 7. wegen Spalt 8 * Reabsorption 8 9 * pos/neg. Stufe 9 10 * Randspalt 10 11 * zu weit approx. 11
3 (delta) Ermüdung stark	11 Füllungsdefekt w/Okkl. 12 Zahnverlust w/Okkl. 13 Kein Antagonist	5 Traumat. der Papille 6 Entzünd.	6 Negativ bei Pos. Ausgangsbild	12 Period. wegen Rest. 12 13 keine Beseitigung od. keine approx. Ausdehnung der Verfüllung 13

Variable	M Beschwerden Zeitraum des Auftretens; Art u. Dauer	N Hinweise des Patienten	O Gesamteindruck der Füllung
0 (alpha) excellent	1 keine	1 excellent	1 sehr gut
1 (bravo) akzeptabel	2 1. heiß 3 1. aufsteigend 4 1. auf Belastung 5 1. auf Entlastung 6 1. spontan 7 Schmerzen behäblich Es zu 4 Wochen (ohne Therapie jeder 7)	2 zufrieden	2 kleine Mängel idR. akzeptabel
2 (charlie) Ermahnung zur Polivention	8 s. heiß 9 s. aufsteigend 10 s. auf Belastung 11 s. auf Entlastung 12 s. spontan Dauer schmerz/ Ent- lastung	3 Kritik wegen Ästhetik 4 " Kaukomfort 5 " Beschwerden 6 " Zahnaufwand	3 größere Mängel gelegentlich ermahnend
3 (delta) Ermahnung sofort	13 Wiebehandl. nötig 14 Extraktion nötig	7 völlig unzufrieden	4 sofort erneuern

Leistungsfähigkeit (nach IZP 1998)	0	I	II	III	IV
apikaler Zahn	0	0	0	0	0
Antagonist mesial	0	0	0	0	0
Antagonist distal	0	0	0	0	0

Röntgen:

- 1 o.B.
- 2 Randspalt oder sekundäres
- 3 ap. Aufhellung
- 4 unklare RÖ-Diagnose
- 5 Kein RÖ-Bild

Versorgung zu erneuern:

- 1 nein
- 2 ja

Antagonist mes.:

- 1 kleiner/kein Kont
- 2 nat. Zahn
- 3 Am
- 4 Komposit
- 5 Keramik
- 6 Gold
- 7 GIZ
- 8 Antagonist im Beobachtungszeitraum mit neuer Füllung versorgt

Antagonist dist.:

- 1 kleiner/kein Kont
- 2 nat. Zahn
- 3 Am
- 4 Komposit
- 5 Keramik
- 6 Gold
- 7 GIZ
- 8 Antagonist im Beobachtungszeitraum mit neuer Füllung versorgt

Variable REM Inspection	P Mangel, Ingegnität	Q Härte Füllungsadhäsion	R Oberfläche	S Randspalt
0 (alpha) excellent				
1 (bravo) akzeptabel				
2 (charlie) Ermahnung zur Polivention				
3 (delta) Ermahnung sofort				

Wurde seit der letzten Erhebung eine zahnärztliche Behandlung durchgeführt?

- ☐ (1) Nein  
☐ (2) Ja, aber ohne Okklusionstragende Restaurationen (z.B. nur im FZ-Bereich)  
☐ (3) Ja, an anderen Zähnen wurden Okklusionstragende Restaurationen angefertigt

Checkliste Foto mit Kontakt punkten (Okl.=schwarz Art.=rot) ☐ Ja ☐ Nein  
☐ Ja ☐ Nein  
 Impegumabdruck Flg./Anlay ☐ Ja ☐ Nein  
 1. Abdruck zweimal ausgegossen  
 2. Abdruck für EpoxyDie-Modell

## Danksagung

Zu Dank verpflichtet bin ich Herrn Prof. Dr. Reinhard Hickel, Direktor der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie für sein Vertrauen und die Möglichkeit, unter seiner Aufsicht meine Doktorarbeit machen zu können. Zugleich möchte ich ihm für seine fachliche Unterstützung und Lenkung während meiner Studienzeit danken.

Zu Dank verpflichtet bin ich auch Herrn Priv. Doz. Dr. K.-H. Kunzelmann, der mich mit seinem Spitzenkönnen beraten und mir bei den wissenschaftlichen Analysen der Ergebnisse der Arbeit sehr geholfen hat.

Ich möchte auch meiner Frau, Dr. Barbara Simončič danken für ihre Hilfe bei der sehr zeitaufwändigen und genauen Arbeit mit den Dateien und meinem Cousin Istok Simončič für die ausgezeichnet bewältigte Aufgabe der grafischen Gestaltung der Doktorarbeit.

Zu Dank verpflichtet bin ich auch meinem Zahntechniker Herrn Milan Dolinar für seine Hilfe bei der Anfertigung der Zahnmodelle.

Nicht zuletzt bin ich auch den Mitarbeitern der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie für ihre Hilfe bei Messungen der Materialabrasion und die mir bezeugte uneigennützigste Kollegialität zu Dank verpflichtet.

**Lebenslauf:****Persönliches**

Name: Simončič  
Vorname: Boris  
Geburtsdatum: 06. 01. 1960  
Geburtsort: Ljubljana  
Eltern: Lado Simončič, Dipl.-Ing.  
Marija Simončič, geb. Kamnik

**Ausbildung**

1966 - 1973 Grundschule  
1974 - 1977 Klassisches Gymnasium Šubičeva II  
20. 06. 1977 Abitur  
1978 - 1984 Studium der Stomatologie an der Medizinischen Fakultät  
in Ljubljana  
02. 12. 1985 Diplom als Zahnarzt  
24. 11. 1987 Fachprüfung  
1990 - 1993 Spezialisant an der Stomatologischen Klinik in Ljubljana  
für den Bereich Zahn- und Mundkrankheiten und Parodontologie  
05. 05. 1993 Diplom des Grundkurses der Chirurgie für Osteointegration  
bei Prof. Dr. van Steenberghe an der Katholischen  
medizinischen Fakultät in Leuven  
07. 12. 1994 Fachärztliche Prüfung für den Bereich Zahn- und  
Mundkrankheiten und Parodontologie an der Medizinischen  
Fakultät zu Ljubljana

**Beruf**

Seit 20. 02. 1993 Assistent an der Medizinischen Fakultät in Ljubljana - Fachrichtung Stomatologie  
für den Bereich Mundkrankheiten und Parodontologie, beschäftigt als Privatzahnarzt in der Firma  
SIMED Zobozdravstvo, Ljubljana.