

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
der Universität München  
Direktor: Prof. Dr. R. Hickel

Klinische Untersuchung und Randspaltanalyse eines Hybridkomposites und eines  
Ormoceres in Seitenzahnkavitäten. Ergebnisse nach einem Jahr.

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Wolfgang Müller  
aus Bayreuth  
2006

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. J. Manhart.....

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Dietrich Edelhoff.....

Mitbetreuung durch den  
Promovierten Mitarbeiter: .....

Dekan: Prof. Dr. Dietrich Reinhardt.....

Tag der mündlichen Prüfung: 07.12.2006.....

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b><i>EINLEITUNG</i></b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b><i>LITERATURÜBERSICHT</i></b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>KOMPOSITMATERIALIEN</b>	<b>3</b>
2.1.1	Aufbau	3
2.1.2	Organische Matrix	3
2.1.3	Anorganische Komponente	4
<b>2.2</b>	<b>ORMOCERE</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>KOPPLUNGSAGENS</b>	<b>7</b>
<b>2.4</b>	<b>ADHÄSIVTECHNIK</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b><i>MATERIAL UND METHODEN</i></b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>PATIENTENGUT</b>	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>PRÄPARATION</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>FÜLLUNGSTECHNIK</b>	<b>12</b>
<b>3.4</b>	<b>KLINISCHE BEWERTUNG AUF DOKUMENTATIONSBÖGEN NACH USPHS-KRITERIEN</b>	<b>14</b>
<b>3.5</b>	<b>REPLIKAHERSTELLUNG</b>	<b>22</b>
3.5.1	Herstellung von Gipsmodellen	22
3.5.2	Herstellung von Epoxidharz-Modellen für die Randspaltvermessung	22
<b>3.6</b>	<b>RANDSPALTVERMESSUNG</b>	<b>22</b>
3.6.1	Quantitative Randanalyse am Rasterelektronenmikroskop	22
3.6.2	Messvorgang	23
3.6.3	Fallbeispiele aus der Rasterelektronischen Randanalyse	24
<b>3.7</b>	<b>STATISTISCHE AUSWERTUNG</b>	<b>24</b>

<b>4.</b>	<b><i>ERGEBNISSE</i></b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>AUSWERTUNG DER DOKUMENTATIONSBÖGEN</b>	<b>25</b>
4.1.1	Oberflächentextur	25
4.1.2	Farbanpassung	26
4.1.3	Anatomische Form-Konturierung	27
4.1.4	Anatomische Form/Übergang	28
4.1.5	Marginale Integrität	29
4.1.6	Randverfärbung	30
4.1.7	Integrität Zahn	31
4.1.8	Integrität Restauration	32
4.1.9	Okklusion/Artikulation	33
4.1.10	Vitalität	34
4.1.11	Beschwerden	35
4.1.12	Hinweise der Patienten	36
<b>4.2</b>	<b>AUSWERTUNG DER REM-RANDANALYSE: RANDSPALTVERHALTEN DER FÜLLUNGSMATERIALIEN AM ÜBERGANG ZUM ZAHN</b>	<b>37</b>
<b>5.</b>	<b><i>DISKUSSION</i></b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>STATISTISCHE AUSWERTUNG DER DOKUMENTATIONSBÖGEN</b>	<b>38</b>
<b>5.2</b>	<b>VERGLEICH DER ERGEBNISSE ZWISCHEN PRÄMOLAREN VS. MOLAREN</b>	<b>42</b>
<b>5.3</b>	<b>VERGLEICH VON KLEINEN EIN- BIS ZWEIFLÄCHIGEN UND GROßEN, MEHR ALS ZWEIFLÄCHIGEN FÜLLUNGEN</b>	<b>42</b>
<b>6.</b>	<b><i>ZUSAMMENFASSUNG</i></b>	<b>45</b>
<b>7.</b>	<b><i>LITERATURVERZEICHNIS</i></b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b><i>ANHANG</i></b>	
<b>8.1</b>	<b>MATERIALLISTE</b>	<b>55</b>
<b>8.2</b>	<b>DANKSAGUNG</b>	<b>56</b>
<b>8.3</b>	<b>LEBENS LAUF</b>	<b>57</b>

## 1. Einleitung

Amalgam hat sich jahrzehntelang als zahnärztlicher plastischer Füllungswerkstoff im Seitenzahngebiet bewährt (2,16, 42, 72, 73, 89). Dieser Erfolg war auf die ausgezeichneten physikalischen Eigenschaften dieses Füllungsmaterials zurückzuführen, durch die auch im okklusionstragenden Bereich eine langfristig erfolgreiche Füllungstherapie ermöglicht wurde. Obwohl nur geringe Mengen Quecksilber aus Amalgamfüllungen im Menschen nachweisbar sind (23), und noch kein kausaler Zusammenhang zwischen dieser Quecksilberbelastung und etwaigen Gesundheitsschäden bewiesen werden konnte (66), haben scheinbare Nebenwirkungen zu einer kontroversen Diskussion in Bezug auf die Bioverträglichkeit des Amalgams geführt und zu einer stetig zunehmenden Verunsicherung der Patienten beigetragen. Hinzu kommt, dass das Zahnbewusstsein und damit die Anforderung an die orale Ästhetik stetig zunehmen (15, 16, 38, 54, 60). Komposite konnten diesen Ansprüchen bisher gerecht werden und haben dazu geführt, dass diese mittlerweile in der Füllungstherapie dominieren (14). Die seit 1992 gültige Indikationseinschränkung für Amalgam durch das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) hat die Nachfrage nach Amalgam-Alternativen zusätzlich gefördert. Hinzu kommen Empfehlungen, wenn möglich auch bei Klasse-I- und Klasse-II-Füllungen mit anderen plastischen Werkstoffen oder Inlays zu therapieren (44, 45).

Aber auch die modernen Komposite sind als Füllungsmaterial inzwischen nicht mehr unumstritten. Während für Amalgam als Zahnfüllungsmaterial umfangreiche wissenschaftliche Daten zu Wirkmechanismen und Verträglichkeit vorliegen, sind diese bei der Vielzahl der Substanzen in Kompositen und Dentinadhäsiven größtenteils noch nicht bekannt (14). Mögliche Wirkungen und Nebenwirkungen von Inhaltsstoffen werden diskutiert. Unter anderem wird neben Hautirritationen (62) auch von generalisierten motorischen und sensorischen Neuropathien berichtet (86). Allergische Reaktionen gegenüber Bestandteilen von Kompositen treten häufiger auf als gegen Amalgam (27).

Derzeit bieten sich als Ausweg nur aufwändige Therapien aus qualitativ hochwertigen Materialien wie Gold und Keramik an. Letztere werden als Einlagefüllungen aber auch wieder mit Kompositklebern in der Kavität befestigt. Trotz des gestiegenen Zahnbewusstseins und der hohen ästhetischen Ansprüche der heutigen Generation

von Patienten, wird aufgrund der wirtschaftlichen Belastung ein Großteil der Bevölkerung diese kostenintensiven Therapiemöglichkeiten nicht in Anspruch nehmen können.

Im Bemühen, zukünftigen Herausforderungen gerecht zu werden und Materialien zu entwickeln, die es erlauben, die Indikationsstellung zu erweitern, Gesundheitsrisiken zu minimieren und gleichzeitig den ästhetischen Ansprüchen der Patienten zu entsprechen, ist ein neues Material, das Ormocer, entwickelt worden.

In der vorliegenden Studie wurde das klinische Verhalten des Ormoceres Definite von Degussa nach einem Jahr Liegezeit untersucht. Um die gewonnenen Daten zu objektivieren, wurde ein Hybridkomposit mit den gleichen Voraussetzungen in das Studiendesign mit einbezogen. Direkte plastische Klasse-I- und Klasse-II-Füllungen in Prämolaren, sowie direkte plastische Klasse-I- und Klasse-II-Füllungen in Molaren wurden untersucht. Zudem wurden mehrflächige Inlays aus dem Ormocer Definite angefertigt, wobei darauf geachtet wurde, diese nicht in primär größere Kavitäten zu platzieren. Dadurch waren die Ausgangsbedingungen für alle drei Restaurationsarten gleich. Zusätzlich zur klinischen Untersuchung wurde der Übergang von der Füllung zum Zahn mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops analysiert und bewertet.

## **2. Literaturübersicht**

### **2.1 KOMPOSITMATERIALIEN**

#### **2.1.1 Aufbau**

Das Komposit, abgeleitet von dem lateinischen Wort „compositum“ (Zusammengesetztes), setzt sich im Sinne des Wortes aus mindestens zwei unterschiedlichen Materialien zusammen (18, 17). Die zahnärztlichen Komposite bestehen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Komponenten. Die Hauptbestandteile sind die organische Matrix, die disperse Phase (Füller) und die Verbundphase (Silane). Diese beeinflussen die materialspezifischen Parameter entscheidend. Im nicht ausgehärteten Zustand sind der Matrix zudem Stabilisierungen, Initiatoren, Inhibitoren, Pigmente und weiteren Additiva hinzugesetzt (42, 49). Radioopazität wird durch Zugabe von Füllkörpern mit Schwermetallen wie Barium oder Strontium erzielt (81).

#### **2.1.2 Organische Matrix**

Die organische Matrix ist das Basismaterial heutiger, in der Zahnheilkunde verwendeter, Komposite.

Dabei handelt es sich um höhermolekulare Monomere (Dimethacrylate), wie Bis-GMA (Bisphenol-A-Glycidyl-Methacrylat) und dessen Modifikationen, UDMA (Urethandimethylacrylat) sowie EGDMA (Ethylenglycol-dimethacrylat) (8, 22, 49). Die Materialeigenschaften des Komposits wie etwa Schrumpfungsverhalten, Wasseraufnahme und Verarbeitung, werden durch die Molekülgröße maßgeblich beeinflusst. Je höhermolekularer der betreffende Stoff ist, desto geringer ist die Polymerisations-schrumpfung und desto höher die Viskosität.

Eine hohe Viskosität begrenzt jedoch das Handling und die Adaptivität des Materials in der Kavität. Diese Problematik kann durch Zugabe von Verdünnermonomeren, wie z.B. TEGDMA (Triethylenglycoldimethacrylat), kompensiert werden. Sie sind niedermolekular und daher weniger viskös.

Die Vernetzung der Monomere durch die Polymerisationsreaktion wird über ein Redoxinitiator/Coinitiator-System (chemische Initiatoren, Photoinitiatoren oder eine Kombination beider) initialisiert und gesteuert.

Heutige Füllungskomposite werden in der Regel über Lichthärtung polymerisiert. Als Photoinitiator wird zumeist Campherchinon, ein Diketon, verwendet, das bei Licht mit einer Wellenlänge von 400-500 nm aktiviert wird (64). Dieses reagiert mit einem aliphatischen Amin zu einem angeregten Komplex, der zu dem notwendigen reaktionseinleitenden Radikal zerfällt. Dualhärtende Komposite, die sowohl chemisch, als auch durch Licht aushärten, enthalten zusätzliche Initiatoren wie Dibenzoylperoxid.

### **2.1.3 Anorganische Komponente**

Den anorganischen Füllstoffen (Glas, Quarz, pyrogenes Siliziumdioxid) kommt die größte Bedeutung hinsichtlich der klinischen Eigenschaften zu, da sie maßgeblich für die physikalischen und mechanischen Parameter verantwortlich sind (13, 61). Die wichtigsten Eigenschaften, wie Druck-, Verschleiß- und Zugfestigkeit, sowie das Elastizitätsmodul können durch anorganische Füllkörper gesteigert werden, während Polymerisationsschrumpfung, thermischer Ausdehnungskoeffizient und Wasseraufnahme herabgesetzt werden.

Heute verwendete Hybridkomposite gehen entwicklungsgeschichtlich aus den makro- und mikrogefüllten Kompositen hervor. Sie unterscheiden sich sowohl in der Partikelgröße als auch in der Form der anorganischen Füllkörper. Daher ist eine Klassifizierung nach der Art und Größe der verwendeten Füllkörper üblich (61, 42). Durch die optimale prozentuale Beimengung von Makro- und Mikrofüllkörpern in die organische Matrix gelang es bei den Hybridkompositen, negative Eigenschaften der rein makro – oder mikrogefüllten Komposite zu kompensieren.



## Klassifizierung der Komposite nach ihren Füllstoffen (61):

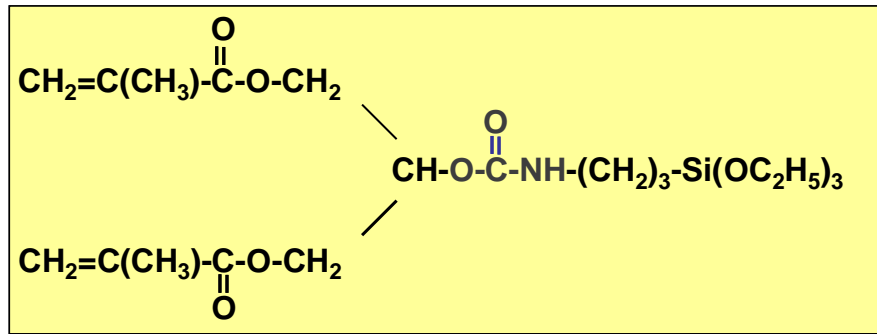
- Konventionelle Makrofüller (Glas, Quarz), mechanische Herstellung  
Partikelgröße: 0,1-100  $\mu\text{m}$
- Mikrofüller (pyrogenes  $\text{SiO}_2$ , Silikat), synthetische Herstellung  
Partikelgröße: ca. 0,04  $\mu\text{m}$
- Hybridkomposite (pyrogenes  $\text{SiO}_2$ , Glas, Quarz)  
Partikelgröße: 0,04 bis 10  $\mu\text{m}$  : Hybridkomposite  
0,04 bis 5  $\mu\text{m}$  : Feinpartikelhybridkomposite  
0,04 bis 3  $\mu\text{m}$  : Feinstpartikelhybridkomposite  
0,04 bis 1  $\mu\text{m}$  : Submikrometerhybridkomposite

## 2.2 ORMOCERE

Als Verbundwerkstoffe werden Materialien bezeichnet, bei denen zwei oder mehrere verschiedenartige Werkstoffe fest miteinander gekoppelt werden, mit dem Ziel, die positiven Eigenschaften beider Materialien nutzen zu können. Im Allgemeinen geschieht dies durch Einlagerung von Material (z.B. Draht in Kunststoff) oder durch Aufdampfen und Aufwalzen. Wird das Prinzip der Materialverknüpfung auf die molekulare Ebene projiziert, entspricht dies einer Kombination (Verknüpfung) des Bauprinzips dieser unterschiedlichen Materialien miteinander (53).

Das Fraunhofer-Institut für Silikatforschung (ISC) beschäftigt sich seit 1981 mit der Entwicklung von anorganisch-organischen Verbundpolymeren (33, 101), die nach der angelsächsischen Bezeichnung "**organically modified ceramics = Ormocere**" genannt werden (53, 33). Diese Stoffklasse besitzt sowohl ein anorganisches, als auch ein organisches Netzwerk und wird zwischen den anorganischen und organischen Polymeren eingeordnet. Multifunktionelle (Meth)acrylalkoxysilane, die durch NCO-Addition (variables Verbindungssegment) von isocyanat-substituierten Silanverbindungen an OH-substituierte Di-, Tri- oder Tetra(meth)acrylate synthetisiert werden, bilden die Eduktbasis für die neue Verbundpolymerklasse (1, 100).

Nachfolgend dargestellt sind die drei Strukturelemente der molekularen Vorstufe, welche die Eduktbasis für das Verbundpolymer bilden.



Neuartiger Silantyp zur Ausbildung eines anorganischen organischen Kopolymer (Ormocer)

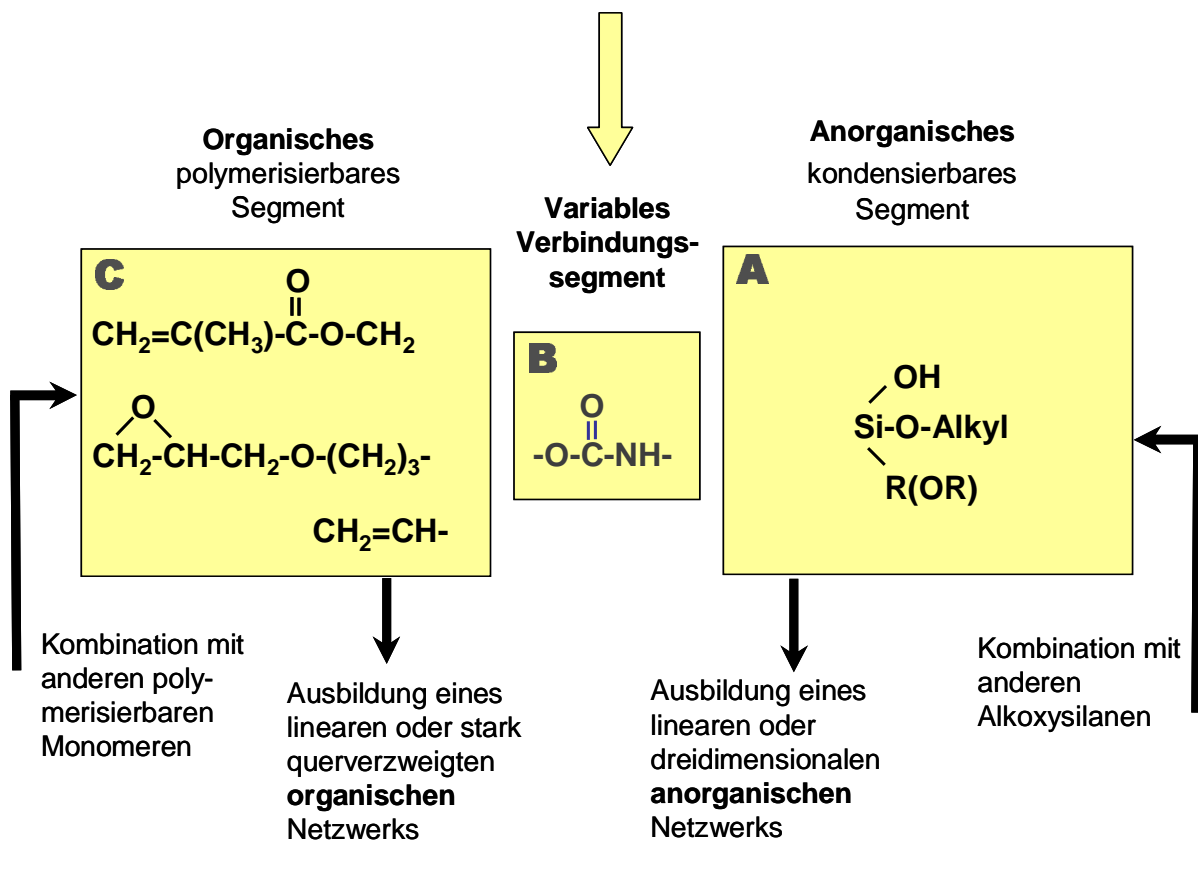


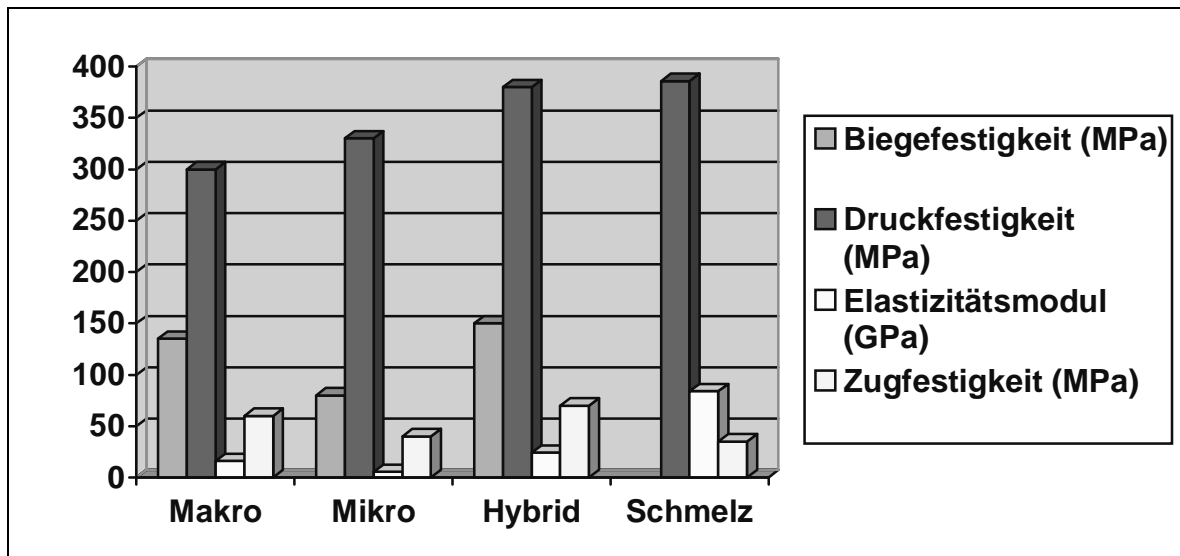
Abb.: Monomere molekulare Vorstufe mit den drei Strukturelementen der Ormocere

Über die Kombinationsmöglichkeiten der organischen und anorganischen Komponenten lassen sich Materialeigenschaften für das entsprechende Einsatzgebiet optimieren. Einsatzgebiete neben dem zahnärztlichen Indikationsbereich sind funktionelle Beschichtungen, Kunststoffveredelung und Korrosionsschutz für Metalloberflächen.

### **2.3 KOPPLUNGSAGENS**

Der Verbund zwischen der organischen Kunststoffmatrix und anorganischen Komponenten wird über Silane hergestellt. Hierbei handelt es sich um bifunktionale Moleküle, die sowohl hydrophob, als auch hydrophil sind. Über kovalente Bindungen werden die anorganischen Füllstoffe mit der organischen Matrix gekoppelt. Der Silanverbund verbessert die mechanischen Eigenschaften (Biegefestigkeit, Druckfestigkeit, Vickershärte) des Komposits signifikant (49), ist gleichzeitig aber auch die Schwachstelle moderner Komposite, da diese kovalenten Bindungen im Mundmilieu der sauren Hydrolyse unterliegen.

## Eigenschaften im Vergleich (31, 50, 74, 90, 95)



Wie im vorangehend dargestellten Diagramm ersichtlich ist, haben mikrogefüllte Komposite eine gute Druckfestigkeit, aber schlechtere Werte in Bezug auf die Biege- und Zugfestigkeit. Nicht dargestellt ist die gute Polierbarkeit der mikrogefüllten Komposite und der Hybridkomposite gegenüber den makrogefüllten Kompositen. Makrogefüllte Komposite zeigen dafür gute Eigenschaften bezüglich der Biege- und Zugfestigkeit. Hybridkomposite weisen im Vergleich dazu bei allen untersuchten Parametern hohe bis überdurchschnittliche Werte auf.

## **2.4 ADHÄSIVTECHNIK**

Auch moderne Komposite schrumpfen bei der Polymerisation um zwei bis drei Volumenprozent (91, 92). Daher ist ein guter Verbund zwischen Zahnhartsubstanz und Füllungsmaterial unumgänglich, um eine Spaltbildung am Füllungsrand zu vermeiden. Zudem stabilisiert ein optimaler Verbund die Restzahnschicht und erlaubt eine gering invasive Präparation, da eine unter sich gehende Retentionsform wie beim Amalgam nicht notwendig ist. Allgemein versteht man unter Adhäsion das Aneinanderheften zweier Körper, bedingt durch mechanische oder chemische Kräfte, die bei engem Kontakt zur Oberfläche zustande kommen (7). In der Zahnmedizin bewirkt die Adhäsivtechnik die Verankerung des Kompositmaterials an der Zahnhartsubstanz (80).

Das Grundprinzip des adhäsiven Verbundes ist eine Veränderung der Schmelzoberfläche durch die Säure-Ätz-Technik, durch die ein retentives Ätzmuster in der Oberfläche im Schmelz erzeugt wird.

Die adhäsive Verankerung am Schmelz und am Dentin unterscheidet sich hinsichtlich des mikroretentiven Verbundes erheblich voneinander. Die Ursache liegt im unterschiedlichen Aufbau von Dentin und Schmelz. Aufgrund der verschiedenen Schmelzprismenstrukturen kann auf der Schmelzoberfläche durch den Einsatz von Phosphorsäure ein retentives Ätzmuster mit ausreichend rauher Oberfläche und Mikroporositäten erzielt werden. Gleichzeitig werden durch den Ätzzvorgang die Oberflächenenergie und damit die Benetzbarkeit der Schmelzoberfläche verbessert (51, 84). In die Mikroporositäten, die aus der Konditionierung resultieren, können sehr niedrig visköse, ungefüllte Akrylatgemische (Schmelzadhäsive) penetrieren (10, 12) und eine Retention bewirken, die mit 20 MPa so groß ist, wie die Zugfestigkeit der Schmelzprismen (68).

Die Haftung am Dentin ist problematischer. Der Grund liegt in dem hohen Anteil an organischer Substanz (30 Vol%) und einem typischen Strukturmerkmal des Dentins, den Tubuli, die einen direkten Zugang zur Pulpa ermöglichen. In den Tubuli finden sich Odontoblastenfortsätze und eine extrazelluläre Flüssigkeit aus der Pulpa, der Dentinliquor (76).

Das Dentin ist daher hydrophil und bietet schlechte Voraussetzungen für eine Verankerung mit dem hydrophoben Füllungsmaterial. Erst in den letzten Jahren haben Dentinhaftvermittlungssysteme neuerer Generationen zu Verbesserungen beim Aufbau einer stabilen Haftung geführt (93).

Ein weiteres Hindernis für eine gute Haftung ist das Entstehen eines „smear layer“, welcher bei der Bearbeitung mit rotierenden Instrumenten entsteht. Diese Schmier-schicht setzt sich aus Kollagen- und Hydroxylapatittrümmern, Dentinliquor und zerstörten Odontoblastenfortsätzen zusammen und verschließt die eröffneten Dentintubuli (7,19, 29). Da dadurch eine effektive Adaptation und Haftung eingeschränkt werden kann (35), hat sich die Auflösung der Schmierschicht als Standard moderner Bondingsysteme entwickelt. Der Haftmechanismus im Dentin beruht im Wesentlichen

auf einer Verzahnung nach Herauslösen der anorganischen Anteile aus dem Kollagennetzwerk, wodurch das Kollagennetzwerk freigelegt wird und von einem hydrophilen Primer durchdrungen werden kann. Daraus resultiert eine mikro-mechanische Verankerung in der so genannten Hybridschicht. Die Verankerung an den Dentintubuli und chemische Bindungen, wie früher angenommen, spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Der Entwicklungstrend in der Adhäsivtechnik geht heute hin zu einer Vereinfachung der Anwendung, sowie Herabsetzung der Technikintensität und Verkürzung der Applikationsdauer (4).

Der Vorteil der klassischen Adhäsivtechnik, die in drei Schritten durchgeführt wird, besteht darin, dass jede Komponente alleine und unabhängig voneinander wirken kann. Dadurch, dass der Primer alleine aufgetragen wird, besteht eine größere Sicherheit, dass auch tiefere demineralisierte Bereiche der mit Säuren vorbehandelten Oberfläche erreicht werden. Bei Systemen, die in zwei Arbeitsschritten einen adhäsiven Verbund aufbauen, sind die Funktionen des Primers und des Adhäsivs in einer Lösung zusammengefasst, es entsteht ein relativer Zeitgewinn. Haftfestigkeitsmessungen zeigen jedoch für die Zwei-Schritt-Totalätzsysteme geringere Haftwerte und stärkere Schwankungen der Messwerte im Vergleich zu den Drei-Schritt-Systemen (36, 48). Eine mögliche Ursache ist darin zu sehen, dass der Primer nicht vollständig in die mit Phosphorsäure vorbehandelte Dentinoberfläche eindringt, die Hybridisierung ist daher unzureichend (96, 97).

Ein weiterer Schritt hin zu einer vereinfachten Handhabung ist die Entwicklung von selbstkonditionierenden Systemen. Es lassen sich hier zwei Gruppen unterscheiden. Zum einen Systeme mit selbstkonditionierenden Primern. Diese Primer werden auf Schmelz und Dentin appliziert, bevor in einem zweiten Schritt das Adhäsiv aufgetragen wird. Bei der zweiten Variante der selbstkonditionierenden Systemen wird nur noch eine Lösung appliziert. Diese so genannten All-in-one-Adhäsive enthalten eine Mischung aus hydrophilen und hydrophoben Monomeren sowie Monomere mit Säureestern. Dadurch sind die Funktionen des Ätzmittels, des Primers und des Adhäsivs in einer Lösung vereint. Die Schwierigkeit besteht in der Abstimmung der einzelnen Komponenten. Wasser als Lösungsmittel erleichtert die Dissoziation der Säure, schließt aber die Verwendung von hydrophoben Vernetzungsmonomeren

aus. Umgekehrt ermöglicht die Anwendung von organischen Lösungsmitteln die Zugabe von Vernetzungsmonomeren, beeinträchtigt jedoch die Dissoziation der Säure (4). All-in-one-Adhäsive erzielten in Studien am Dentin meist weniger gute Haftwerte als selbstkonditionierende Systeme mit Zweischnittapplikation oder Totalätzsysteme (26, 47, 52, 71, 83).

Mit Each&Prime 3.0, einem der ersten All-in-one-Adhäsive wurden in In-vitro-Studien auch am Schmelz geringere Haftwerte ermittelt (41, 70).

Bei der Vielzahl der Materialien und der raschen Abfolge neuer Entwicklungen ist im besonderen Maße eine sorgfältige Indikationsstellung erforderlich, um bei der Füllungstherapie Misserfolge zu vermeiden.

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1 PATIENTENGUT**

Im Zeitraum zwischen dem 1.3.1998 - 1.8.1998 wurden im Studentenkurs an der Ludwigs-Maximilians-Universität zu München direkte und laborgefertigte Einlagefüllungen mit zwei verschiedenen Füllungswerkstoffen gelegt bzw. eingegliedert. Die Inlays und ein Teil der direkten Füllungen wurden mit dem Ormocer Definite angefertigt. Zudem wurden Füllungen mit dem Feinpartikelhybridkomposit Pertac2 angefertigt.

#### **3.2 PRÄPARATION**

Für die Studie wurden Patienten mit ausgedehnten mod-Kavitäten ausgewählt, die eine allseitige Schmelzbegrenzung aufwiesen. Um möglichst standardisierte Ausgangsbedingungen zu schaffen, wurden mod-Kavitäten an Prämolaren und Molaren mit einer okklusalen Isthmusbreite von der Hälfte bis zu zwei Drittel des orovestibulären Höckerabstandes präpariert. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Ausgangsbedingungen für alle drei Restaurationsarten gleich sind. Das heißt, die Inlays wurden nicht in primär größere Kavitäten platziert. Idealtypische Präparationen sind jedoch oft nur bedingt möglich, da der Austausch bereits bestehender Füllungen und ausgedehnte kariöse Läsionen, eine Ausdehnung der Präparation erfordern. Indikation zur Behandlung war Primärkaries oder der Ersatz alter Füllungen.

#### **3.3 FÜLLUNGSTECHNIK**

Für die direkte Füllungstechnik mit Pertac2 und Definite wurden die Präparationsrichtlinien, die für plastische adhäsive Füllungen gelten, bestmöglich eingehalten. Bei der Präparation wurde die maximale Schonung der Zahnhartsubstanz unter Erhalt der unter sich gehenden Bereiche angestrebt. Pulpanahe Bereiche wurden punktförmig mit einem Kalziumhydroxidpräparat (Kerr life, Kerr) und Glasionomerezement (Ketac Bond, 3M Espe) abgedeckt. Flache und mitteltiefe Kavitäten wurden mit der total-bond-Technik (ohne Unterfüllung) bearbeitet. Die Zähne, für die Definite-Füllungen vorgesehen waren, wurden im Gegensatz zu den für Pertac vorgesehenen



nicht mit Phosphorsäure konditioniert, sondern mit Etch&Prime 3.0, einem selbstkonditionierenden Adhäsivsystem, vorbehandelt. Um eine gute marginale Adaptation zu erzielen, wurde mit der Inkrementtechnik gearbeitet (6, 55), wobei die maximale Schichtstärke 2 mm betrug. Sämtliche Arbeitsschritte nach der Präparation erfolgten unter Kofferdam.

Für die Definite-Inlays wurden die Präparationsrichtlinien, die eine Mindestschichtstärke der adhäsiven Inlays von 1,5 mm fordern, eingehalten. Bei pulpanahen und flacheren Kavitäten wurde in gleicher Weise vorgegangen, wie bei der direkten Füllungstherapie. Unterschnitte wurden mit Glasionomierzement (Ketac Bond, 3M Espe) ausgeblockt. Der Divergenzwinkel von 10-12° der gegenüberliegenden Wände wurde bei der Präparation nicht unterschritten, während die Extensionsflächen in einem Winkel von > 60° auf die äußere Zahnwölbung auslaufen. Die Innenwinkel und Innenkanten der Kavität wurden abgerundet. Die Abformung der Präparationen erfolgte mit Impregum. Anschließend wurden die Inlaykavitäten provisorisch versorgt. Die Abdrücke wurden mit Superhartgips ausgegossen. Die Herstellung der Inlays erfolgte auf Sägemodellen im Artikulator. Für die Modellation wurden die Gipsstümpfe mit einer Isolierung beschickt. Das Komposit wurde in Schichten appliziert und jede einzeln für 40 Sekunden mit einer Polymerisationslampe (Translux cl, Kulzer) ausgehärtet. Abschließend erfolgte für 20 Minuten eine Nachvergütung im Lichtofen (Unilux AC). Die Definite-Inlays wurden spätestens zwei Wochen nach der Abformung eingegliedert. Nach Entfernung der Provisorien und Reinigung der Kavitäten, wurden die Kavitäten unter Kofferdam am Schmelz für 40 Sekunden und am Dentin für 15 Sekunden mit 37,5% Phosphorsäure angeätzt und nachfolgend mit dem Adhäsiv Syntac vorbehandelt. Die Inlays wurden 60 Sekunden mit 5% Flusssäure angeätzt und im Anschluss fünf Minuten silanisiert (Monobond S). Die Eingliederung erfolgte mit dem Befestigungskomposit Variolink Ultra (Vivadent) mit Einsatz der Ultraschalltechnik (ultra sonic insertion). Vor Beginn der Lichtpolymerisation wurden die Überschüsse mit Sonde und Einwegpinsel entfernt und die Präparationsränder mit Airblock-Glycerin-Gel luftdicht versiegelt. Die Nachbearbeitung der Inlays erfolgte mit Finierdiamanten und Finierstreifen verschiedener Körnung.

Für die Auswertung und zum Vergleich mit zukünftigen Datenerhebungen wurden von direkten und indirekten Restaurationen jeweils zwei exakte, blasenfreie Abdrücke mit Impregum genommen. Die Abformungen dienten zur Anfertigung von jeweils zwei Epoxi-Replika für die Randanalyse im Rasterelektronenmikroskop (REM) sowie

einem Modell aus Superhartgips (Fuji Rock). Die Herstellerangaben wurden dabei genau eingehalten. Der Zustand der Füllungen und Komposit-Inlays wurde fotografisch mit je zwei Dias, eines mit und eines ohne okklusale Kontaktpunkte, dokumentiert. Dabei wurde eine 1,5-fache Vergrößerung gewählt. Um einen objektiven Qualitätsstandard sicherzustellen, wurden die fertiggestellten Einlagefüllungen von unabhängigen Zahnärzten, die an der Insertion nicht beteiligt waren, nach dem Einsetzen untersucht (Baseline-Untersuchung). Zur Erhebung der Einjahresdaten wurde ein Jahr darauf bei den Patienten erneut eine Nachkontrolle durchgeführt. Es konnten insgesamt 171 Restaurationen nachuntersucht werden. 57 Definite-Inlays, 68 Definite- und 46 Pertac2-Füllungen. Im betroffenen Quadranten wurde jede Füllung und jedes Inlay separat auf einem gekennzeichneten Dokumentationsbogen erfasst.

### **3.4 KLINISCHE BEWERTUNG AUF DOKUMENTATIONSBÖGEN NACH USPHS-KRITERIEN**

Mit Hilfe eines Nachuntersuchungsbogens ist eine schnelle, durch die Nennung von Zahlenkombinationen diskrete und im Hinblick auf die statistische Auswertung rationale Datenerfassung möglich. Die Systematik des Bogens entspricht dem Prinzip der klinischen Nachuntersuchung. Jedes der Charakteristika wird der Reihe nach beurteilt, sodass sich jeweils eine klinische Konsequenz ergibt. Die Kriterien und Methoden für die direkte Untersuchung der Restaurationen, entsprechend der modifizierten USPHS – Kriterien, sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

Eine Bewertung mit Alpha (exzellent) oder Bravo (akzeptabel) resultiert in einer klinisch akzeptablen Restauration. Bewertungen mit Charlie (Erneuerung aus Präventionsgründen) oder Delta (sofortige Erneuerung notwendig) ergeben klinisch nicht mehr akzeptable Restaurationen. Das modifizierte USPHS – Bewertungssystem hat somit eine unmittelbare klinische Relevanz.

Kriterium	Untersuchungsmethoden
Oberfläche	visuell und taktil
Farbanpassung	visuell
Anatomische Form/Konturierung	visuell und taktil
Anatomische Form/Übergang	visuell und taktil
Marginale Integrität	visuell und taktil
Randspaltverfärbung	visuell
Integrität Zahn	visuell und taktil
Integrität Restauration	visuell und taktil
Okklusion/Artikulation	visuell mit Artikulationsfolie
Vitalität bei Nachuntersuchung	CO <sub>2</sub> -Schnee
Beschwerden, Zeitraum, Art und Dauer	Befragung
Hinweise des Patienten	Befragung

## **A.Oberfläche**

Alpha	Die Oberfläche der Restauration ist glatt und hochglanzpoliert.
Bravo	Die Oberfläche ist leicht rauh und kann poliert bzw. rekonturiert werden.
Charlie	Die Oberfläche ist sehr rauh, weist Furchen auf und kann nicht rekonturiert werden.
Delta	Die Oberfläche ist frakturiert oder splittert ab.

## **B. Farbanpassung**

Die Farbanpassung der Restauration wird unter Wegdrehen der Operationslampe beurteilt.

Alpha	Die Farbanpassung der Restauration ist exzellent. Es besteht kein Unterschied in Farbton, Helligkeit und Transparenz zwischen Restauration und angrenzender Zahnstruktur.
Bravo	Die Farbanpassung der Restauration ist akzeptabel. Es bestehen leichte Farbdifferenzen bzw. Transluzenzunterschiede zwischen Restauration und angrenzender Zahnstruktur. Die Restauration ist etwas zu hell, dunkel, transparent oder opak.
Charlie	Die Farbanpassung der Restauration ist mangelhaft. Es bestehen starke Farbdifferenzen bzw. Transluzenzunterschiede zwischen Restauration und angrenzender Zahnstruktur. Die Restauration ist viel zu hell, dunkel, transparent oder opak.
Delta	Die Farbgebung ist grob unpassend.

### **C. Anatomische Form/Konturierung**

Die Oberfläche der Restauration wird auf ihre anatomische Formgebung/ Anpassung an den Zahn untersucht.

Alpha	Die Oberfläche der Restauration ist der Anatomie des Zahnes exzellent angepasst.
Bravo	Die Oberfläche der Restauration ist leicht über- oder unterkonturiert.
Charlie	Die Oberfläche der Restauration ist stark unterkonturiert.
Delta	Eine sofortige Erneuerung der Restauration aufgrund der anatomischen Form ist erforderlich.

### **D. Anatomische Form/Übergang**

Die Restauration wird in Ihrem gesamten Randbereich auf restaurationsbedingte negative und/oder positive Stufen untersucht.

Alpha	Der Übergang von der Restauration zum Zahn ist im gesamten Randbereich mit der Spitze der Sonde nicht tastbar.
Bravo	Beim Übergang von der Restauration zum Zahn ist eine klinisch akzeptable leicht negative und/oder positive Stufe tastbar.
Charlie	Beim Übergang von der Restauration zum Zahn ist eine stark negative und/oder positive Stufe tastbar.
Delta	Eine sofortige Erneuerung der Restauration ist aufgrund einer negativen und/oder positiven Stufe am Übergang erforderlich.

## E. Marginale Integrität

Alpha	Es ist kein Randspalt sondierbar. Der Übergang Zahn/Restauration hebt sich weder in Form noch in Farbe von der Restauration und dem Zahn ab und setzt die Konturen am Übergang Zahn/Restauration harmonisch fort.
Bravo	Die marginale Integrität ist klinisch akzeptabel. Es besteht ein Materialüberschuss oder eine negative Fuge, die als spürbarer Spalt mit der spitzen Sonde an der Grenzfläche Zahn/Restauration sondierbar ist.
Charlie	Tiefe Randspalten oder stark negative Klebefugen, die sich bis zum Dentin oder zur Unterfüllung ausdehnen, erfordern eine Erneuerung der Restauration aus Präventionsgründen.
Delta	Es besteht eine Lockerung der Restauration oder eine Sekundärkaries erstreckt sich bis ins Dentin. Eine umgehende Erneuerung der Restauration ist daher erforderlich.

## F. Randverfärbung

Alpha	Es ist keine Randverfärbung zu erkennen.
Bravo	Es ist eine oberflächliche Verfärbung am Übergang Zahn/Restauration zu erkennen.
Charlie	Es handelt sich um eine starke Verfärbung, die in Richtung der Pulpa penetriert.
Delta	Die Restauration muss sofort erneuert werden, wenn Sekundärkaries diagnostiziert wurde.

## **G. Integrität Zahn**

Der Zahn wird sorgfältig auf Absplitterungen, Risse und Frakturen untersucht.

Alpha	Die vollständige Integrität des Restzahnes ist gegeben.
Bravo	Eine leichte, rekonturierbare Absplitterung oder ein Haarriss liegen vor.
Charlie	Eine starke, nicht rekonturierbare Absplitterung bzw. eine Absplitterung von Hartsubstanz mit freiliegendem Dentin und/oder Unterfüllung ist feststellbar. Ein Eindringen der Sonde in einen Riss ist möglich.
Delta	Bei einer Höcker- oder Zahnfraktur ist eine sofortige Erneuerung indiziert.

## **H. Integrität Füllung**

Die Restauration wird auf Absplitterungen, Risse und Frakturen untersucht.

Alpha	Die Restauration weist keine Absplitterungen, Risse und Frakturen auf.
Bravo	Es liegt eine leichte, ohne eingreifende Veränderung der anatomischen Form rekonturierbare Absplitterung der Restauration bzw. eine nicht durchgehende Rissbildung vor.
Charlie	Es ist eine nicht rekonturierbare Absplitterung der Restauration, gegebenenfalls mit Freilegung des Dentins und/oder der Unterfüllung, zu verzeichnen, oder es liegt eine durchgehende Rissbildung vor.
Delta	Die Restauration ist frakturiert, mit teilweiser oder vollständiger Lockerung, bzw. nach der Fraktur ist ein Verlust der Restauration aufgetreten.

## **I. Okklusion/Artikulation**

Alpha	Die vorhandenen Okklusionskontakte sind punktförmig und stabilisieren den Zahn in seiner Achse.
Bravo	Die vorhandene Kontaktsituation ist klinisch akzeptabel. Falls zur Vermeidung möglicher künftiger Schäden eine Rekonturierung nötig wird, erfolgen entsprechende Einschleifkorrekturen.
Charlie	Trotz möglicher Okklusionskontakte besteht eine Infraokklusion. Somit ist ein künftiger Schaden für das stomatognathe System wahrscheinlich, weshalb die Restauration aus Präventionsgründen erneuert werden sollte.
Delta	Eine Fraktur der Restauration und/oder Zahnfraktur wegen falscher Okklusions- bzw. Artikulationskontakte erfordern unmittelbar eine Erneuerung.

## **J. Sensibilität**

Die Sensibilität wird mit Hilfe von CO<sub>2</sub>-Schnee getestet.

Alpha	Die Sensibilität ist im Vergleich zum Ausgangsbefund unverändert.
Bravo	Die Sensibilität ist objektivierbar leicht verfrüht/verstärkt oder leicht verzögert/schwach und unterscheidet sich vom Ausgangszustand.
Charlie	Die Sensibilität ist im Vergleich zum Zeitpunkt der Restaurierung stark verfrüht/verstärkt. Eine Erneuerung der Restauration zur Vermeidung weiterer Schäden ist erforderlich.
Delta	Die Sensibilität ist negativ bei positivem Ausgangsbefund, eine Wurzelbehandlung ist sofort indiziert.



## **K. Beschwerden**

Das Kriterium „Beschwerden“ ist subjektiv, da es durch Befragen des Patienten erhoben wird.

Alpha	Es bestehen keinerlei Beschwerden, die Restauration ist vollkommen inkorporiert. Eventuell bestehende, nicht restaurationsbedingte Beschwerden sind identisch mit der Ausgangssituation.
Bravo	Der Patient gibt leichte Schmerzen auf heiß/kalt, süß/sauer, Belastung/Entlastung oder spontan an. Die Schmerzen dauern nur etwa vier Wochen an oder können durch eine Einschleiftherapie behoben werden.
Charlie	Der Patient klagt über permanente Schmerzen, die ihn so beeinträchtigen, dass eine Behandlung erfolgen muss.
Delta	Die Schmerzen sind so stark, dass die Restauration sofort entfernt werden muss

## **L. Hinweise des Patienten**

Der Patient wird befragt, wie zufrieden er mit der Versorgung ist.

Alpha	Der Patient ist vollauf zufrieden, würde sich jederzeit erneut mit dem gleichen Material versorgen lassen.
Bravo	Der Patient ist zufrieden.
Charlie	Der Patient ist unzufrieden und übt Kritik wegen der Ästhetik, des Kaukomforts, des Zeitaufwands oder wegen anhaltender Beschwerden.
Delta	Der Patient ist völlig unzufrieden und wünscht eine sofortige Erneuerung.

## **3.5 REPLIKAHERSTELLUNG**

### **3.5.1 Herstellung von Gipsmodellen**

Zur Herstellung von Situationsmodellen wurden die angefertigten Impregumabdrücke mit Superhartgips (Fuji Rock) ausgegossen, der nach den Angaben des Herstellers entsprechend verarbeitet wurde. Nach einer Aushärtungsphase von zwei Stunden wurden die Gipsmodelle auf eine Mindestgröße zugetrimmt.

### **3.5.2 Herstellung von Epoxidharz-Modellen für die Randspaltvermessung**

Sowohl das Abdruckmaterial Impregum als auch das Epoxidharz EpoxyDie, dem Material für die Herstellung des Replikamodells, besitzen eine hohe Zeichengenauigkeit und sind daher für eine detailgenaue Kopie der zu untersuchenden Zähne bestens geeignet (6, 34, 37, 46, 81 88, 98). Für die Verarbeitung wurden die Abdrücke nach Isolierung bepudert und im Anschluss mit dem Epoxidharz EpoxyDie, im Mischungsverhältnis 1:3 (Paste:Katalysator), auf einem Rüttler blasenfrei in die Abformungen eingebracht. Nach einer Abbindephase von 24 Stunden wurden die Epoxidharz-Replika auf eine angemessene Größe, die der Arbeit im Rasterelektronenmikroskop (REM) angepasst ist, zugetrimmt. Im dem darauf folgenden Arbeitsschritt wurden die Modelle gereinigt und mittels eines elektrisch leitfähigen Karbonklebers, Leit-C-Past, auf speziellen Probeträgern fixiert. Um die Modelle für die Bildgewinnung im Rasterelektronenmikroskop leitfähig zu machen, wurden die Replikas in einer Sputteranlage (Polaron SEM Aurocoating Unit E5200) für fünf Minuten im Vakuum bei einer Stromstärke von zehn mA mit Gold beschickt. Die mittlere Schichtstärke beträgt durch diese Einstellung 20 nm.

## **3.6 RANDSPALTVERMESSUNG**

### **3.6.1 Quantitative Randanalyse am Rasterelektronenmikroskop**

Zur Analyse adhäsiver Restaurationen hat sich die quantitative Randanalyse im Rasterelektronenmikroskop bewährt (6, 28, 37, 58, 63). Ausgewertet wurden die okklusalen Anteile der vorbereiteten Replika im Rasterelektronenmikroskop (REM) Leitz AMR 1200 bei 200-facher Vergrößerung. Eine Teilanalyse der Klebefuge unter-

scheidet sich nicht signifikant von einer vollständigen Randanalyse, wie Berchthold (3) zeigen konnte. Grundlage der Bewertung sind die Kriterien der quantitativen Randanalyse (6, 81). Zur Erfassung der Daten wurde die Auswertungssoftware Quanti-Gap verwendet. Diese ermöglicht am Computer eine exakte Vermessung und Beurteilung des Füllungsrandes (81).

### **3.6.2 Messvorgang**

Bei diesem Verfahren ist ein Computer, der über eine Framegrabber-Karte verfügt, mit dem REM verbunden. Die auf dem Monitor des REM dargestellten Einzelbilder können mittels der Quanti-Gap-Software auf den Bildschirm des Computers übertragen und dort weiter bearbeitet werden. Mit dem in der Software enthaltenen Längenmodus können die auf dem PC-Bildschirm dargestellten Einzelbilder der okklusalen Anteile der Füllungsänder metrisch vermessen werden. Zur Vermeidung von Doppelmessungen werden die Randsegmente von einem Operator mit einer Linie nachgezogen. Die Längen werden im Programm aufsummiert und gespeichert. Darüber hinaus wurden den vermessenen Randabschnitten vier verschiedene Qualitätsmerkmale zugeordnet und als prozentualer Anteil der gemessenen Gesamtlänge registriert.

#### **A. Perfekter Rand**

Kontinuierlicher, homogener und dichter Übergang zwischen Zahn und Komposit.

#### **B. Randspalt**

Zahn und Komposit sind eindeutig durch einen Spalt oder durch Haarrisse voneinander getrennt.

#### **C. Quellung**

Wulstartig erhabene Randstruktur durch Quellung.

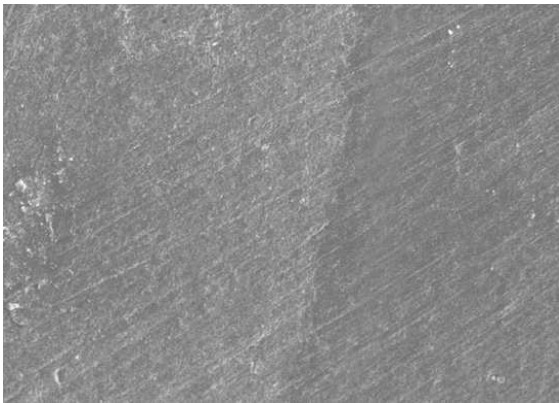
#### **D. Überschuss**

Der Komposit geht über den Kavitätenrand hinaus auf die unbearbeitete Zahnschubstanz.

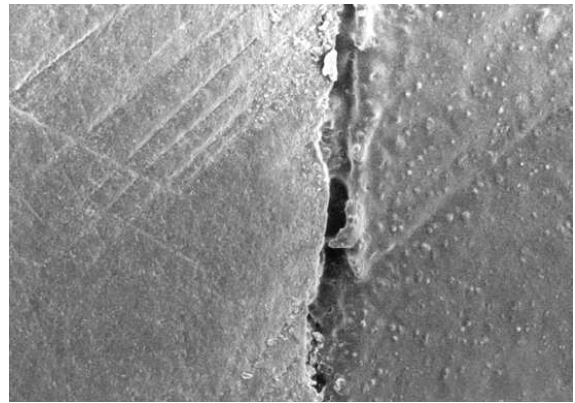
### 3.6.3 Fallbeispiele aus der Rasterelektronischen Randanalyse

Abb. 3.1 dokumentiert ein Beispiel aus der REM-Analyse mit einem perfekten Rand, der einen kontinuierlichen, homogenen und dichten Übergang aufweist.

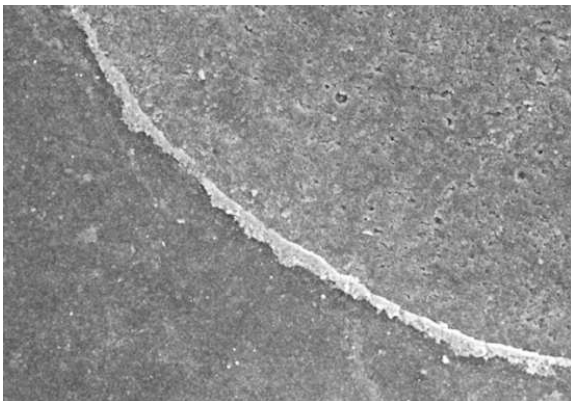
Abb. 3.2 zeigt eine Situation, in der Zahn und Komposit durch einen Spalt voneinander getrennt sind. In Abb. 3.3 ist eine Randstruktur mit einer Quellung zu erkennen, während in Abb. 3.4 ein Überschuss mit einem über den Kavitätenrand hinausgehenden Komposit dargestellt ist.



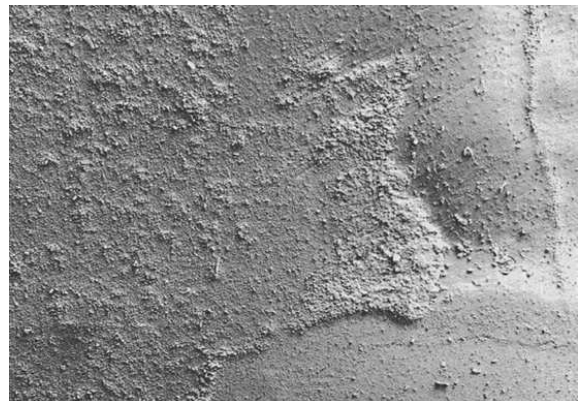
**Abb.3.1 Perfekter Rand**



**Abb.3.2 Randspalt**



**Abb.3.3 Quellung**



**Abb.3.4 Überschuss**

### 3.7 Statistische Auswertung

Die statistische Analyse der klinischen Daten und der Randanalyse im REM erfolgte mittels Kruskal-Wallis-H-Test und Mann-Whitney-U-Test auf einem Signifikanzniveau von 5% mit der Software SPSS for Windows.

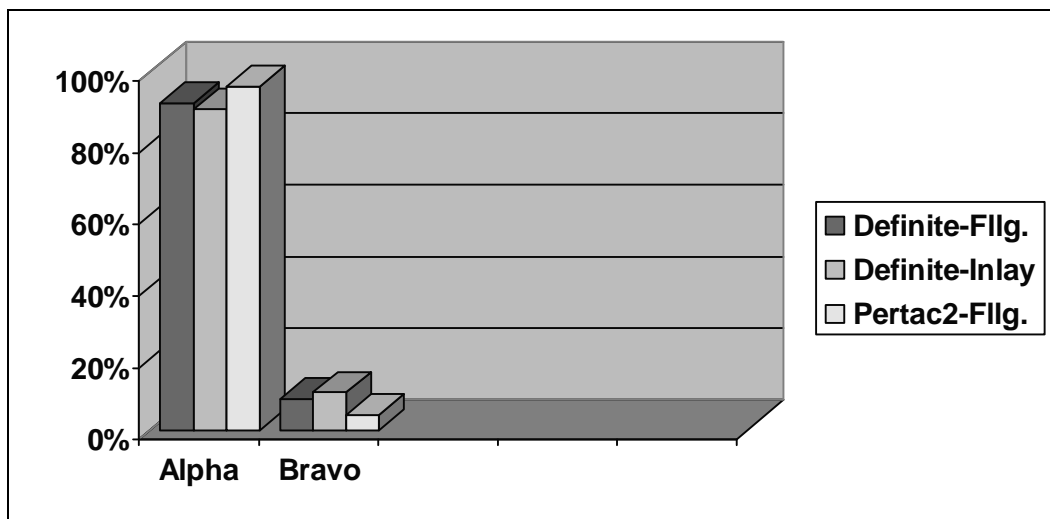
## 4. Ergebnisse

### 4.1 AUSWERTUNG DER DOKUMENTATIONSBÖGEN

#### 4.1.1 Oberflächentextur

Die Abbildung stellt die prozentuale Verteilung der Bewertungen der Oberflächentextur nach einem Jahr Liegedauer dar. Die Pertac2-Restaurationen wurden durchschnittlich um 6,2% häufiger mit „Alpha“ bewertet als die Definite-Inlays, und um 4,5% häufiger als Definite Füllungen. Es waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen (Abb.4.1.1).

#### Oberflächentextur (1-Jahresdaten)



**Abb.4.1.1 Darstellung der Oberflächenstruktur nach einem Jahr**

### 4.1.2 Farbanpassung

Die erhobenen Daten zeigen eine signifikante Abweichung der Farbanpassung zwischen Definite-Inlays und -Füllungen und Pertac2-Füllungen. Von insgesamt 57 Inlays wiesen 17 eine geringgradige Farbdifferenz auf und wurden daraufhin mit „Bravo“ beurteilt. Das sind 29,8% der Definite-Inlays im Vergleich zu 13% der Pertac2-Füllungen, die mit „Bravo“ beurteilt wurden. Im Vergleich der Definite-Füllungen mit Pertac2-Füllungen zeigt sich annähernd der gleiche signifikante Unterschied. 29,4% der Definite-Füllungen wurden mit „Bravo“ beurteilt.

#### Farbanpassung: Vergleich Definite-Inlay und -Füllungen mit Pertac2-Füllungen (1-Jahresdaten)

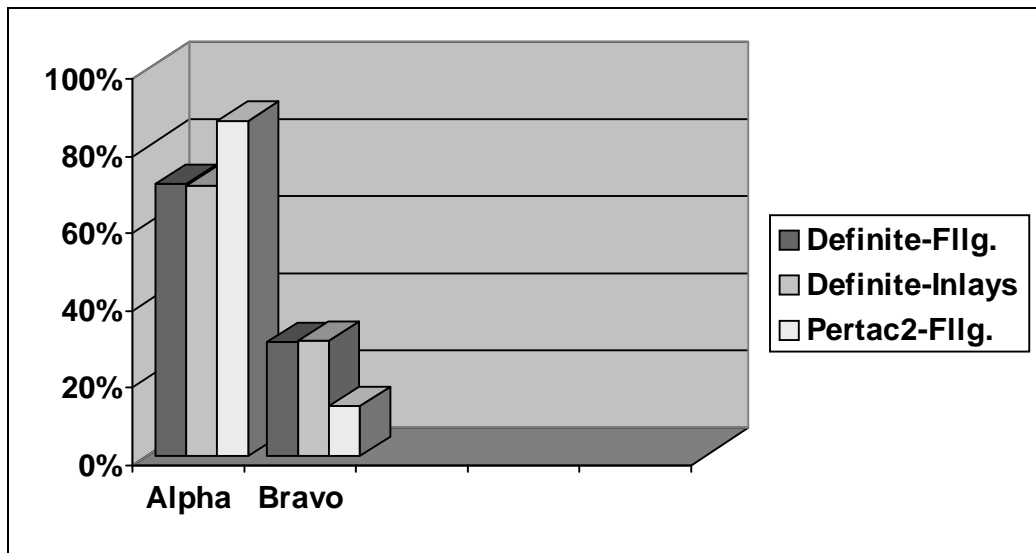
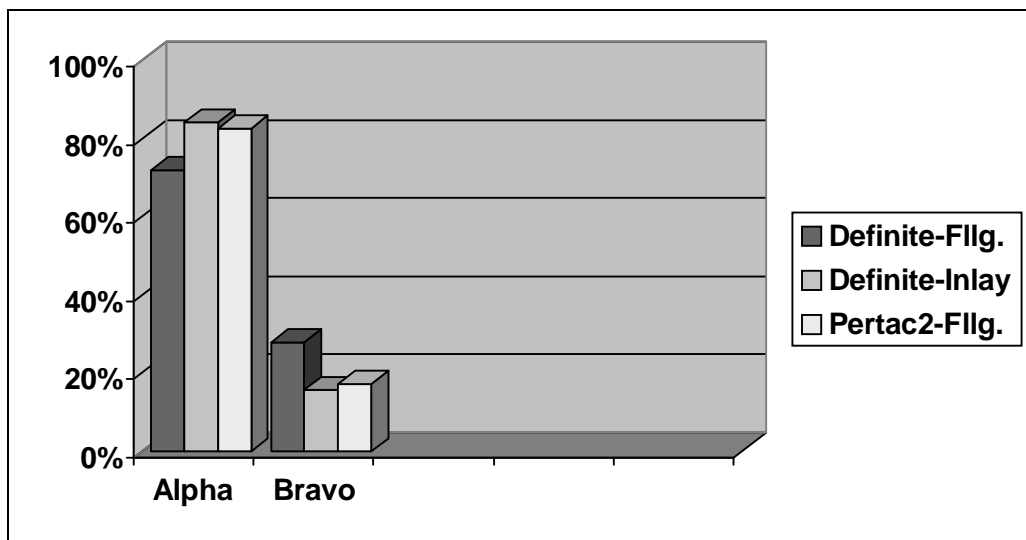


Abb. 4.1.2 Darstellung der Farbanpassung nach einem Jahr

### 4.1.3 Anatomische Form-Konturierung

Nach einem Jahr Liegedauer sind keine signifikanten Unterschiede erkennbar. Die Definite-Füllungen schnitten dennoch mit 27,9% „Bravo“-Bewertung tendenziell schlechter ab, als die Definite-Inlays (15,8%) und die Pertac2-Füllungen (17,4%).

#### Anatomische Form-Konturierung (1-Jahresdaten)

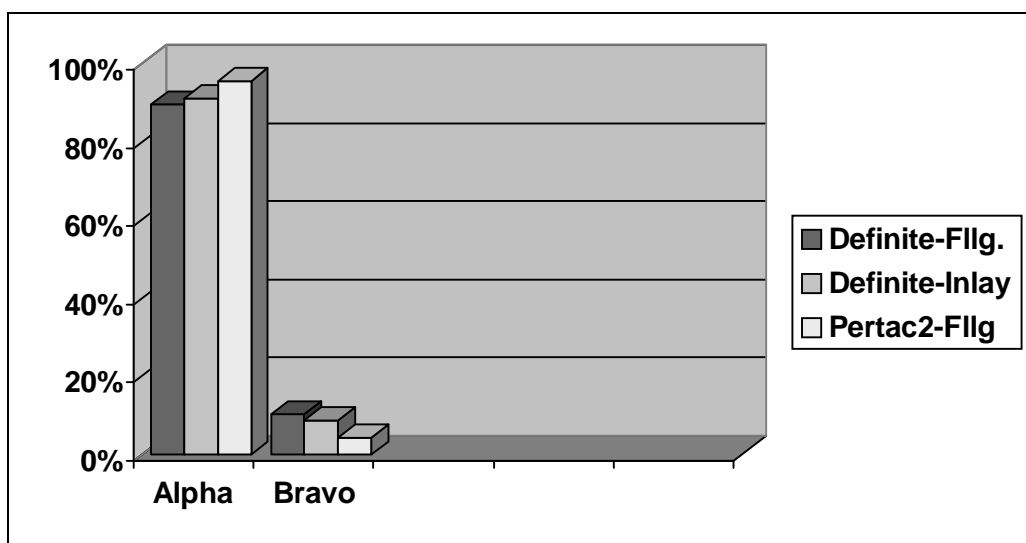


**Abb.4.1.3 Darstellung der anatomischen Form-Konturierung**

#### 4.1.4 Anatomische Form/Übergang

89,7% der Definite-Füllungen, 91,2% der Definite-Inlays und 95,7% der Pertac2-Füllungen hatten eine exzellente Form am Übergang zum Zahn. Aus diesen Werten ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die Definite-Füllungen wiesen jedoch, wie bei der Konturierung, die schlechteren Werte auf. Die Unterschiede sind nicht signifikant.

#### Anatomische Form/Übergang (1-Jahresdaten)



*Abb.4.1.4 Darstellung der anatomischen Form-Übergang*



#### 4.1.5 Marginale Integrität

Eine exzellente marginale Integrität wiesen 84,2% der Definite-Inlays, 63,2% der Definite-Füllungen und 89,1% der Pertac2-Füllungen nach einem Jahr Liegedauer auf. Daraus ergibt sich eine signifikante Abweichung der Definite-Füllungen zu den Definite-Inlays und den Pertac2-Füllungen. Ein Definite-Inlay und eine Definite-Füllung mussten mit „Charlie“ eingestuft werden und wurden erneuert (Abb.4.1.5).

#### Marginale Integrität (1-Jahresdaten)

#### Definite-Inlays, Definite-Füllungen und Pertac2-Füllungen im direkten Vergleich

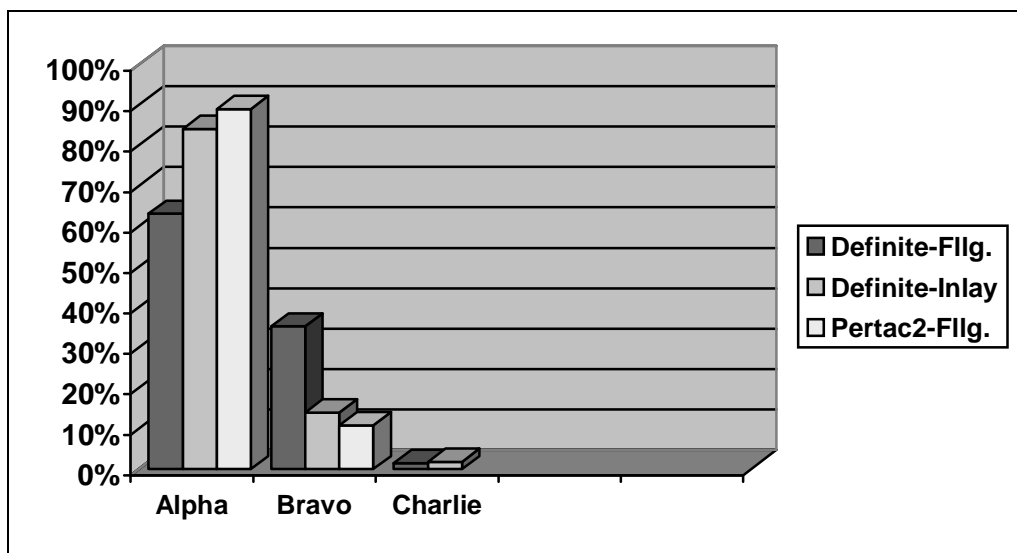
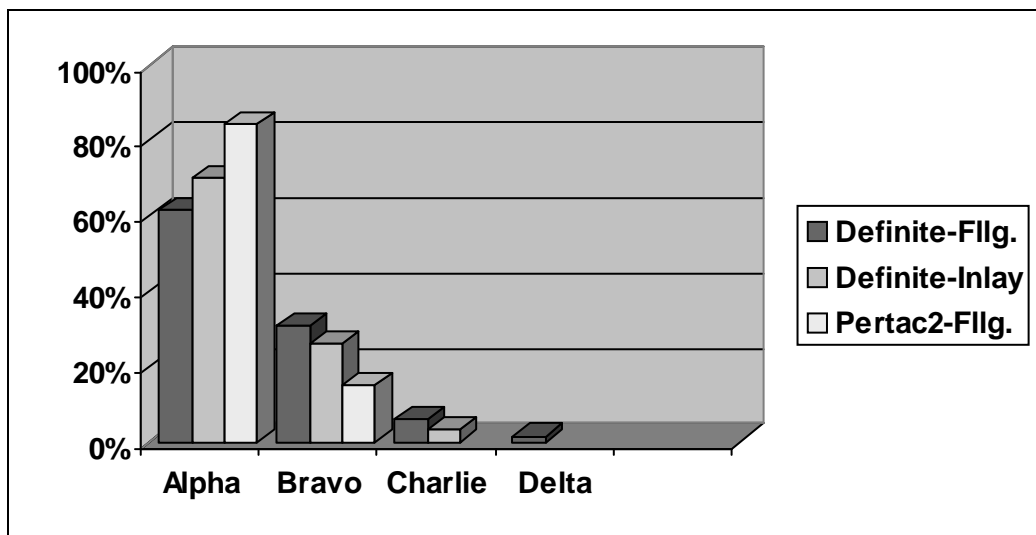


Abb.4.1.5 Darstellung der marginalen Integrität

#### 4.1.6 Randverfärbung

Bereits nach einem Jahr Liegedauer zeigen sich hier signifikante Unterschiede. Mit „Bravo“ wurden wegen leichter Verfärbungen 26,3% der Definite-Inlays bewertet. Starke Verfärbungen, die Richtung Pulpa penetrierten, wiesen 3,5% der Inlays auf. Sie wurden mit „Charlie“ bewertet, da eine prophylaktische Erneuerung in diesem Fall angezeigt ist. Die Wertung bei den Definite-Füllungen fiel noch deutlicher aus. Hier wurden 30,9% mit „Bravo“, 5,9% mit „Charlie“ und 1,5% mit „Delta“ bewertet. Eine Definite-Füllung mit eindeutiger Kariesaktivität („Delta“) wurde umgehend erneuert. Von den Pertac2-Füllungen wurden 84,8% mit „Alpha“ und 15,2% mit „Bravo“ bewertet. Definite-Inlays und Definite-Füllungen zeigen signifikant mehr Randverfärbungen als Pertac2-Füllungen.

#### Randverfärbung ( 1-Jahresdaten)

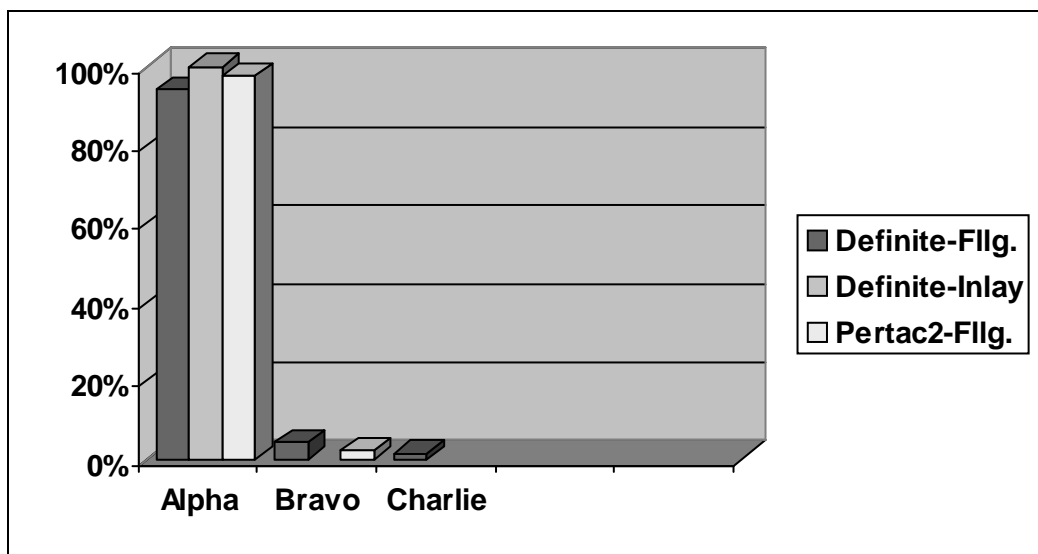


*Abb.4.1.6 Darstellung der Randverfärbung nach einem Jahr*

#### 4.1.7 Integrität Zahn

100% der Definite-Inlays, 94,1% der Definite-Füllungen und 97,8% der Pertac2-Füllungen zeigten eine exzellente Integrität der Zahnhartsubstanz. Somit ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. 1,5% der Definite-Füllungen erhielten die Wertung „Charlie“, und mussten wegen mangelhafter Integrität des Zahnes präventiv erneuert werden (Abb.4.1.7).

#### Integrität Zahn ( 1-Jahresdaten)



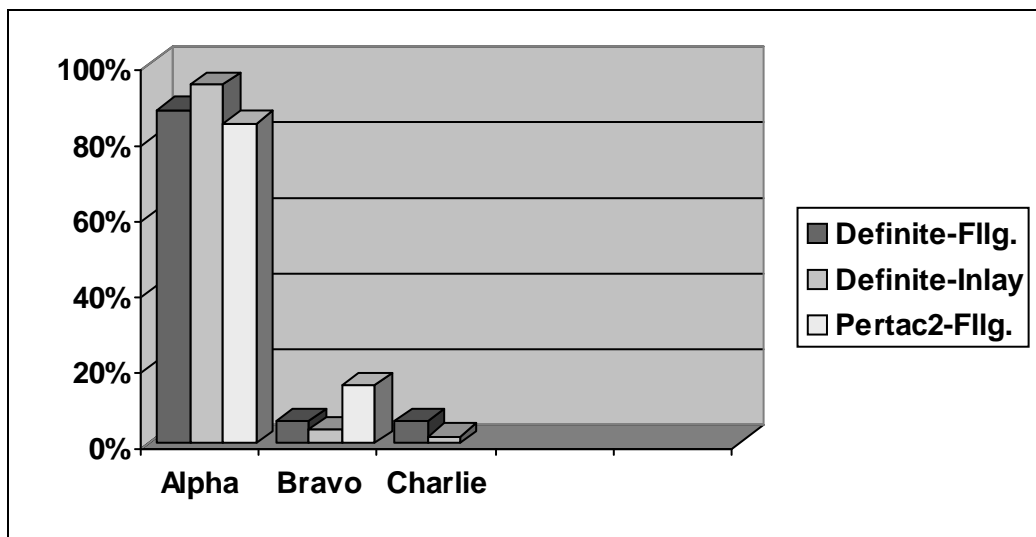
*Abb.4.1.7 Darstellung der Integrität des Zahnes nach einem Jahr*

#### 4.1.8 Integrität Restauration

Bei der Bewertung der Integrität der Restaurationen mussten fünf Definite-Versorgungen mit „Charlie“ bewertet werden. Ein Inlay (1,8%) und vier Füllungen (5,9%) wiesen nicht rekonturierbare Destruktionen auf; sie wurden präventiv erneuert.

Mit „Bravo“ wurden 5,9% der Definite-Füllungen, 3,5% der Definite-Inlays und 15,2% der Pertac2-Füllungen bewertet. Die Verschleißerscheinungen dieser Restaurationen befanden sich in einem akzeptablen Bereich. Es waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Gruppen festzustellen.

#### Integrität Restauration (1-Jahresdaten)



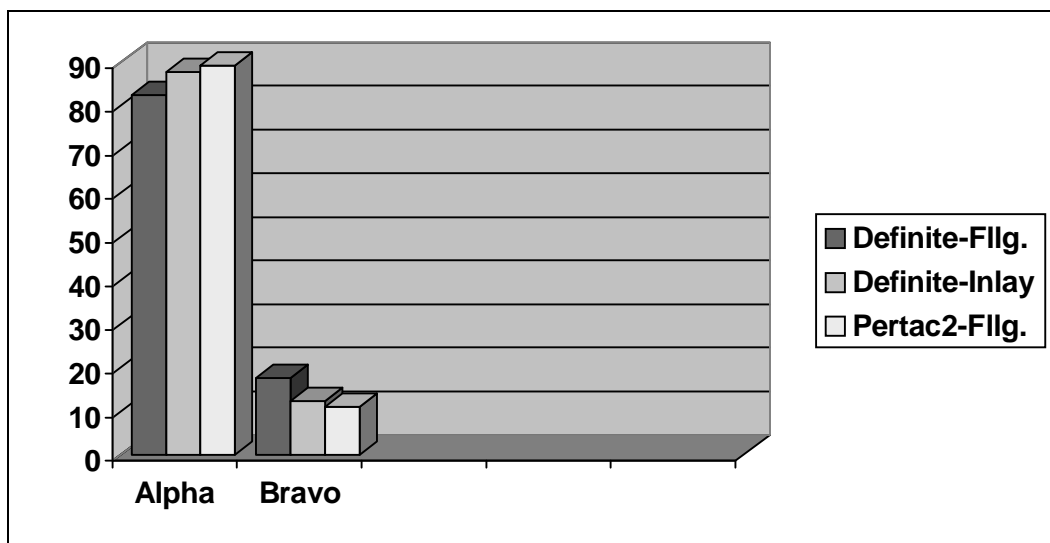
**Abb. 4.1.8 Darstellung der Integration der Restauration**

#### 4.1.9 Okklusion/Artikulation

Die Resultate hinsichtlich der Okklusion/Artikulation liegen mit 82,4% „Alpha“-Bewertungen für Definite-Füllungen, 87,7% für Definite-Inlays und 89,1% für Pertac2-Füllungen sehr nahe bei einander.

Mit „Bravo“ wurden 17,6% der Definite-Füllungen, 12,3% Definite-Inlays und 10,9% Pertac2-Füllungen bewertet. Die Pertac2-Füllungen weisen somit eine geringfügig bessere Tendenz in diesem Bewertungspunkt auf, allerdings waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen.

#### Okklusion/Artikulation ( 1-Jahresdaten)



*Abb.4.1.9 Darstellung der Integration der Restauration*

#### 4.1.10 Vitalität

Hinsichtlich der Vitalität wiesen die Restaurationen im direkten Vergleich keine signifikanten Unterschiede auf. Bei zwei mit Definite-Füllungen und einem mit einem Definite-Inlay versehenen Zahn fiel die Vitalität negativ aus. Der Ausgangsbefund war positiv.

#### Vitalität ( 1-Jahresdaten)

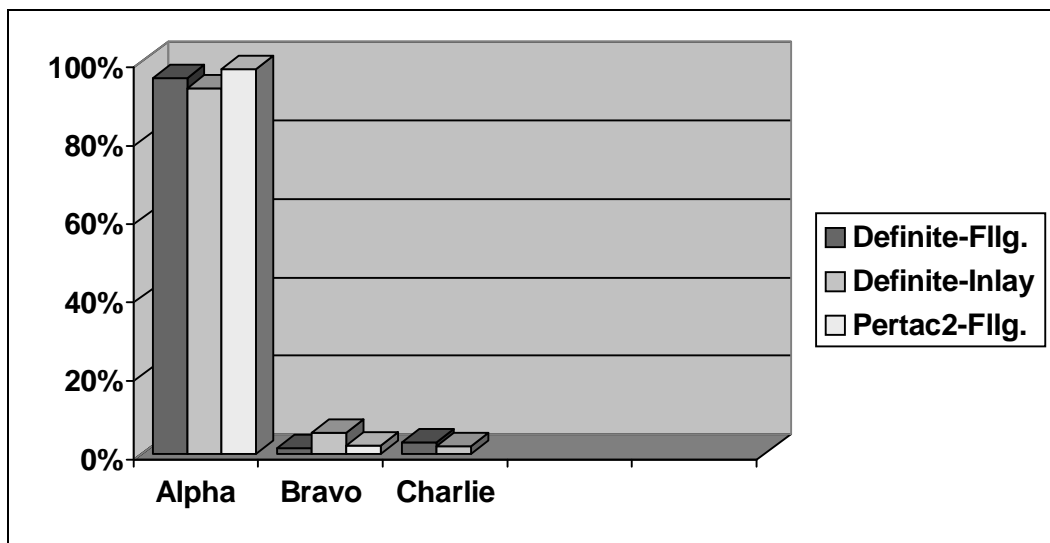
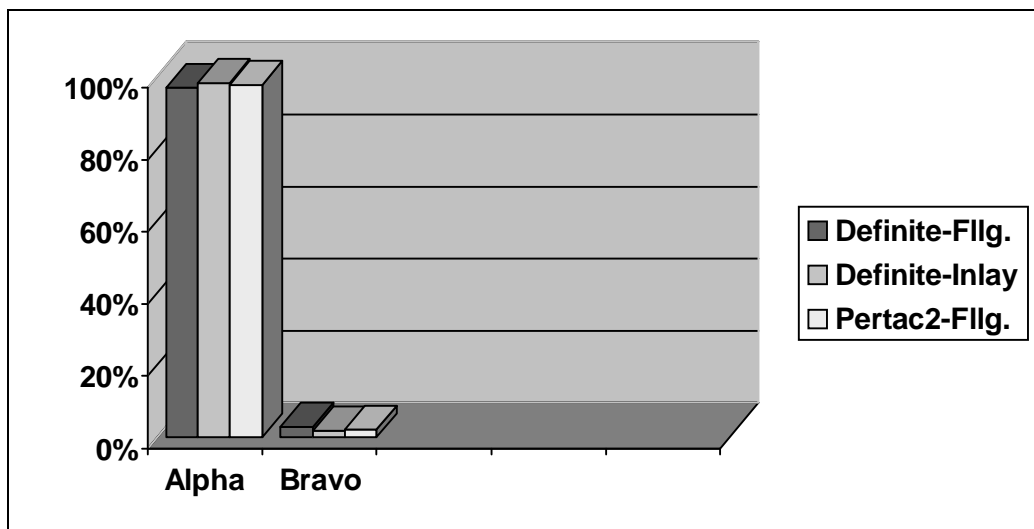


Abb. 4.1.10 Darstellung der Vitalität

#### 4.1.11 Beschwerden

Ein mit einem Definite-Inlay versorgter Patient, zwei Patienten mit einer Definite-Füllung und ein Patient mit einer Pertac2-Füllung gaben geringfügige Beschwerden im Beobachtungszeitraum an. Der Inlay-Patient und der Patient mit der Pertac2-Füllung erklärten, eine leichte Druckempfindlichkeit beim Kauen zu haben. Die mit einer Definite-Füllung versorgten Patienten gaben eine geringgradige Heiß-Kalt-Empfindlichkeit an.

#### Beschwerden (1-Jahresdaten)



**Abb. 4.1.11** Bildliche Darstellung der aufgetretenen Beschwerden nach 1-jähriger Liegedauer

#### 4.1.12 Hinweise der Patienten

70,2% (40) der Inlay-Patienten, 66,2% (45) der Patienten mit einer Definite-Füllung und 87% (40) der Patienten mit einer Pertac2-Füllung äußerten sich sehr zufrieden. Die restlichen Patienten äußerten sich durchaus zufrieden. Pertac2-Füllungen schnitten hier signifikant besser ab als Definite-Füllungen und Definite-Inlays.

#### Hinweis des Patienten ( 1-Jahresdaten)

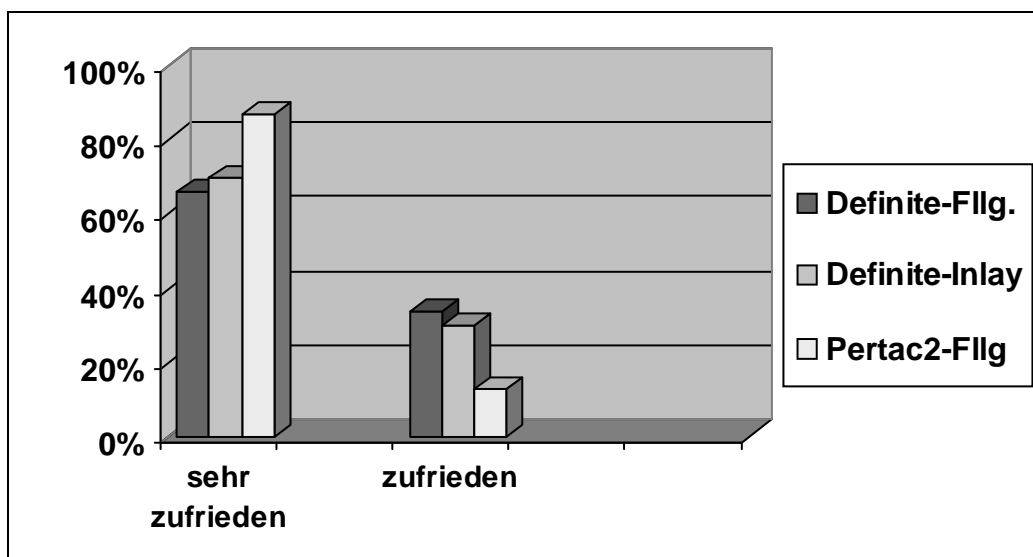


Abb. 4.1.12 Äußerungen seitens der Patienten



#### 4.2 AUSWERTUNG DER REM-RANDANALYSE: RANDSPALTVERHALTEN DER FÜLLUNGSMATERIALIEN AM ÜBERGANG ZUM ZAHN

Den höchsten prozentualen Anteil (42,1%) an Randspalt wiesen Definite-Füllungen auf. Die gemessene Länge an perfektem Rand lag mit 40,8% darunter. Deutlich besser, mit 57,9% perfektem Rand, wurden die gemessenen Übergänge Pertac-Füllung/Zahn bewertet. Ein Randspalt wurde hier bei 28,4% der Gesamtlänge gemessen.

Die mit Definite-Inlays versorgten Zähne zeigten 16,5% Randspalt und 68,4% perfekten Rand auf.

Somit ergeben sich zwischen Definite-Füllungen und Pertac-Füllungen sowie zwischen Definite-Füllungen und Definite-Inlays signifikante Unterschiede hinsichtlich des Kriteriums perfekter Rand und Randspalt.

Im nachfolgend dargestellten Diagramm werden die ermittelten Werte an Randspalt und perfektem Rand bildlich dargestellt.

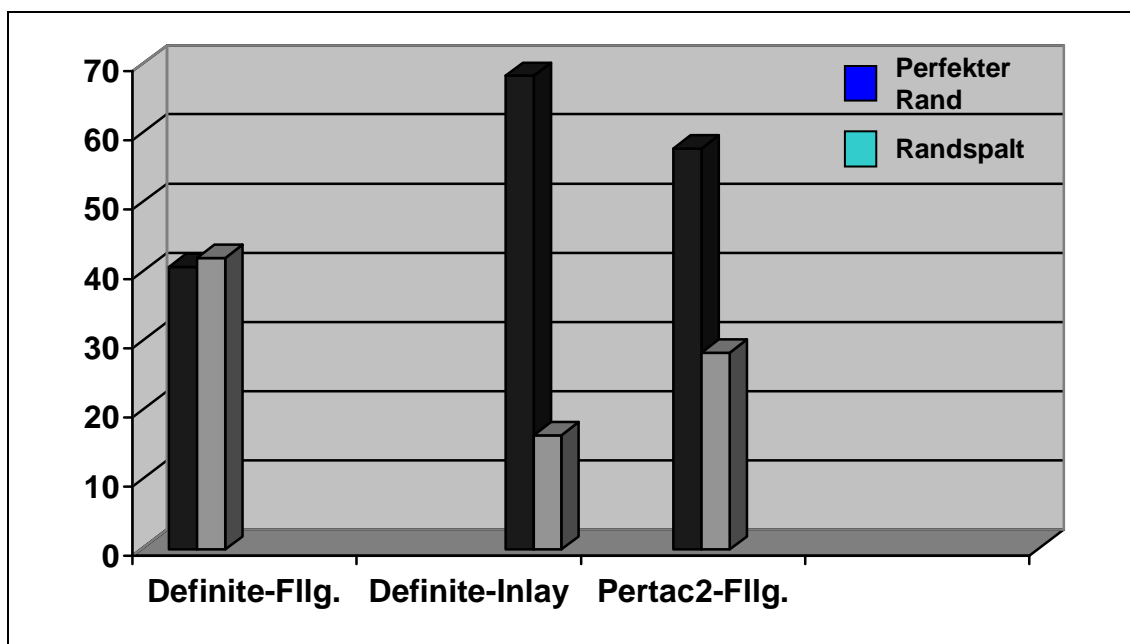


Abb. 4.2.1 Bildliche Darstellung der Anteile an perfektem Rand und Randspalt

## 5. Diskussion

### 5.1 STATISTISCHE AUSWERTUNG DER DOKUMENTATIONSBÖGEN

Im Verlauf der Studie wurden die Einjahresdaten von insgesamt 57 Definite-Inlays, 68 Definite-Füllungen und 46 Pertac2-Füllungen ermittelt. Die durchschnittliche Liegedauer betrug 13,5 Monate. Jede Füllung und jedes Inlay wurden separat auf gekennzeichneten Dokumentationsbögen erfasst. Für eine systematische klinische Beurteilung von modernen Füllungswerkstoffen wurde das durch Ryge (85) entwickelte U.S. Public Health Service Bewertungssystem (USPHS-Kriterien) herangezogen. Bei unserem Versuchsaufbau wurde eine modifizierte Ryge-Version verwendet, die eine bessere Handhabung der metrischen Daten zulässt und den Kriterien der Untersuchung an Adhäsivversorgungen angepasst ist (59). Ziel ist, die klinisch-funktionale Qualität der Restauration zu eruieren. Dabei resultiert eine Beurteilung in „akzeptabel“ und in „nicht akzeptabel“. Die Wertung „akzeptabel“ wird nochmals differenziert:

- A**
1. „Alpha“ = sehr gutes Ergebnis
  2. „Bravo“ = Ergebnis, das vom idealen Qualitätsstandard gering, aber dennoch eindeutig, abweicht.

„Nicht akzeptable“ Untersuchungsergebnisse werden ebenfalls unterteilt:

- B**
1. „Charlie“ = Füllung, die einen präventiven Austausch erfordert
  2. „Delta“ = Füllung, die zur Verhinderung erneuter Schäden umgehend ausgewechselt werden sollte

Im Zweifelsfall wird die schlechtere Wertung übernommen.

Trotz langjähriger klinischer Erfahrung mit den Ryge-Kriterien gestaltet sich die tatsächlich objektive Bewertung als schwierig. Die Konsequenzen aus der Beurteilung einzelner Parameter müssen aufgrund klinischer Erfahrung, wie etwa der Größe des Randspalts oder dem Ausmaß der Verfärbung, getroffen werden. Eine 100% objektive Bewertung, ob eine Verfärbung durch eingelagerte Nahrungspartikel resultiert oder ob bereits eine beginnende Sekundärkaries vorherrscht, ist ohne invasive

Diagnostik jedoch nicht eindeutig zu beurteilen. Ein vorhandener Randspalt, der durch eine Penetration von Farbstoffen aus Nahrungsmitteln dunkel verfärbt sein kann, impliziert nicht automatisch das Vorhandensein einer Karies (21). Ein vorhandener Randspalt wird allerdings oftmals fälschlicherweise schon als Austauschindikation bei zahnfarbenen Füllungen gesehen (11, 75, 78). Auch die Füllungstherapie bei vorhandenen Läsionen ist fragwürdig, solange diese mit oralhygienischen Maßnahmen sauber gehalten werden können. Diese Sichtweise macht es erforderlich, dass auch andere Kriterien in die Bewertung mit einbezogen werden, wie etwa die Lokalisation des Kavitätenrandes, die Compliance des Patienten und die Lage des Füllungsrandes bzw. des Zahnes im betroffenen Quadranten.

Die Auswertung des Kriteriums **Randspaltverfärbung** hebt den Qualitätsunterschied der Restaurationstechniken und insbesondere der Materialien am deutlichsten hervor. Innerhalb der akzeptablen Bewertungen wurden 30,9% der Definite-Füllungen und 26,3% der Definite-Inlays mit der Bewertung „Bravo“ tendenziell negativer beurteilt: Pertac2-Restaurationen erzielen mit nur 15,2% „Bravo“-Beurteilungen erheblich bessere Resultate. Welche tatsächliche Tendenz sich aus der relativ hohen Zahl der „Bravo“ Bewertungen ergibt, lässt sich erst anhand der Zwei- und Dreijahresdaten ableiten. Betrachtet man die Anzahl der klinisch nicht mehr akzeptablen Restaurationen, bei denen die Bewertung des Kriteriums Randspaltverfärbung zum Verlust der Restauration beitrug, wird die Diskrepanz zwischen Definite- und Pertac- Restaurationen besonders deutlich. Von den Definite-Füllungen mussten vier Molaren -und eine Prämolarenfüllung und von den Definite-Inlays zwei Molarenversorgungen mit „Charlie“ bewertet werden. Bei den Pertac2-Füllungen war keine Indikation zum Füllungsaustausch gegeben.

Erwähnenswert ist auch die signifikante Zahl erneuerungsbedürftiger Molarenrestorationen. Sieben der neun zu erneuernden Füllungen/Inlays waren in Molaren gelegt. Hier wird offensichtlich, dass der höhere Kaudruck im Kauzentrum der Molaren den Grenzbereich der Materialien markiert. Kritisch ist auch die signifikante Abweichung zwischen Definite-Inlays und Pertac2-Füllungen zu betrachten.

Die Inlays wurden vor der Eingliederung nachvergütet und anschließend adhäsiv mit Befestigungskomposit eingegliedert. Dieses Procedere vermindert das Schrumpfungsverhalten innerhalb der Kavität erheblich, da die Schrumpfung auf das geringe Volumen des Befestigungskomposit in der Klebefuge beschränkt ist. Die durch die

Verarbeitung bedingten Vorteile kommen, im Vergleich zu den Pertac2-Füllungen, nach einem Jahr Tragezeit qualitativ nicht zum tragen.

Das Kriterium Farbanpassung ist nur von geringerer funktioneller Bedeutung, dennoch sollte das Ergebnis Beachtung finden. Hier werden die Definite-Inlays und Füllungen mit 29% und 29,4% fast identisch häufig mit „Bravo“ bewertet. Dieses Ergebnis ist durchweg akzeptabel und nicht signifikant im Vergleich mit den Pertac2-Restaurationen. Dennoch heben sich die Pertac2-Füllungen mit nur 13% an „Bravo“-Bewertungen deutlich vom Ormocer ab. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass es bisher üblich war, hochwertige Farbschlüssel aus dem Füllungswerkstoff selbst herzustellen. In jüngster Vergangenheit setzt sich jedoch der Trend durch, Keramikmaterialien für den Farbschlüssel zu verwenden. Diese sind für den Langzeitgebrauch geeigneter, da sie gegen mechanische und chemische Reinigung mit scharfen Desinfektionsmitteln beständiger sind.

Ein weiterer Grund der mangelnden Farbanpassung könnte in den unterschiedlichen lichtoptischen Eigenschaften der Zahnschmelz im Vergleich zum Komposit liegen. Die Zahnfarbe wird überwiegend durch das Dentin definiert. Der Zahnschmelz moduliert die Farbwahrnehmung des Dentins, durch dessen Schichtstärke und lichtoptische Eigenschaften wie Transparenz und Transluzenz. Inwieweit sich die Restauration in den Zahn optisch integriert, hängt nicht nur von der Farbe, sondern im Wesentlichen auch von der unterschiedlichen Transparenz von Zahn und Komposit ab. Eine niedrigere Transparenz des Komposits, im Vergleich zum Schmelz, blockiert das Licht und separiert die Füllung optisch am Übergang zum Zahn. Die Farbauswahl orientiert sich überwiegend am Dentin, daher ist das verwendete Komposit dem Dentin angepasst. Die Füllungen kommen aber auch im Schmelz zu liegen, wodurch eine mangelhafte Farbanpassung zu erwarten ist.

Die Mehrzahl der verloren gegangenen Restaurationen weisen mehrere Parameter auf, die mit Charlie bewertet wurden. Im Folgenden werden diese Restaurationen explizit aufgeführt.

Von den Definite-Inlays gingen insgesamt drei verloren. Bei einem Definite-Inlay (Nr.1647) und bei einer Definite-Füllung (Nr.1697) wurde das Kriterium **marginale Integrität** aufgrund eines deutlich sondierbaren Randspalts mit „Charlie“ bewertet.

Zudem wurde bei dem Inlay eine inakzeptable Verfärbung des Randes („Charlie“), sowie ein Integritätsverlust der Definite-Füllung befundet. Die Arbeiten wurden unter Berücksichtigung etwaiger Folgeschäden ausgetauscht. Zwei weitere Inlays mussten prophylaktisch erneuert werden. Eines der Inlays (Nr.172) frakturierte. Hauptursache für den Misserfolg war vermutlich die geringe Schichtstärke des Inlays und dessen Ausdehnung in den okklusionstragenden Bereich. In der Folge kam es zu einer vorzeitigen Materialermüdung, die zur Fraktur führte. Das dritte Inlay (Nr.224), das erneuert werden musste, wies einen Vitalitätsverlust in Verbindung mit einer starken Randverfärbung auf, die in die Tiefe penetrierte. Von den Definite-Füllungen mussten insgesamt sechs ausgetauscht werden. Drei der Definite-Füllungen wiesen Frakturen auf (Nr.:1573, 1613, 1614). Zwei dieser Zähne mit Füllungsbruch zeigten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keinerlei Sensibilität. Am Tag der Eingliederung waren die Zähne vital. Ursache des Füllungsbruchs war vermutlich die Etablierung einer Sekundärkaries, in deren Folge es zu einer Destabilisierung der Restauration kam. Bei einer weiteren Füllung in einem Prämolaren kam es zu einer Höckerfraktur (Nr.1698). Eine makroskopische Betrachtung dieser Füllung ergab, dass die Kavitätengröße die Indikationsgrenze überschritt. Diese Füllung konnte somit von vornherein nur als Kompromiss betrachtet werden. In diesem Fall kam nur noch eine Versorgung mit einer Dreiviertelkrone als Lösung in Frage. Die letzte Füllung, die ausgetauscht werden musste, zeigte eine massive Verfärbung des Interfaces mit Penetration in die Tiefe auf (Nr.1624), und wurde daraufhin mit „Delta“ bewertet. Die Bewertung „Charlie“ oder „Delta“ musste bei Pertac2-Versorgungen nicht vergeben werden, so dass derzeit keine Notwendigkeit zum Füllungsaustausch bestand.

Um die Materialien bezüglich der Füllungsgröße und ihrer Lokalisation spezifischer zu analysieren, werden die Parameter von Molaren und Prämolaren direkt miteinander verglichen. Darüber hinaus werden explizit Gruppen mit kleineren, ein- bis zweiflächigen Füllungen, sowie mit größeren, mehr als zweiflächigen Füllungen, gebildet. Die Größe bzw. das Volumen der Füllung hat entscheidenden Einfluss auf das Ausmaß der Polymerisationsschrumpfung und somit auch auf die Ausbildung eines Randspalts. Die Belastung, der eine Restauration ausgesetzt ist, hängt nicht nur von der Füllungsgröße, sondern auch von der Lokalisation ab. Im Kauzentrum der ersten Molaren ist die Belastung bei regelrechter Bisslage am höchsten.

## **5.2 VERGLEICH DER ERGEBNISSE ZWISCHEN PRÄMOLAREN VS. MOLAREN**

### a) Definite-Inlays (40 Prämolaren, 17 Molaren).

Hier finden sich bei keinem der untersuchten Parameter statistisch signifikante Unterschiede. Die extraorale Herstellung mit der damit verbundenen Möglichkeit der Nachvergütung und die Reduzierung der Schrumpfung führen zu einer geringfügigeren Fehleranfälligkeit der Restaurationen.

### b) Definite-Füllungen (24 Prämolaren, 44 Molaren)

Hier wird die marginale Integrität der Molaren signifikant häufiger negativ bewertet. Das Ergebnis wird durch die erhöhte Zahl an missglückten Molarenfüllungen untermauert. Eine der Prämolarenfüllungen und fünf der Molarenfüllungen mussten erneuert werden. Vier der fünf Molarenfüllungen mussten unter anderem aufgrund einer inakzeptablen Randverfärbung („Charlie“), erneuert werden. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass annähernd doppelt so viele Molarenfüllungen in die Bewertung eingingen. Die Verteilung der Definite-Inlays ist konträr dazu. Mehr als doppelt so viele Prämolaren wurden mit Inlays versorgt.

### c) Pertac2-Füllungen (21 Prämolaren, 25 Molaren)

Bei dem Hybridkomposit ist das Ergebnis ähnlich dem der Definite-Füllungen. Im Vergleich der Prämolaren mit den Molaren zeigt sich ein signifikanter Unterschied. Die Füllungen an den Molaren weisen nach einem Jahr eine signifikant schlechtere marginale Integrität und Farbanpassung auf. Bei den Pertac2-Restaurationen ist jedoch nach einem Jahr Liegedauer noch keine Füllung erneuerungsbedürftig.

## **5.3 VERGLEICH VON KLEINEN EIN- BIS ZWEIFLÄCHIGEN UND GROßEN, MEHR ALS ZWEIFLÄCHIGEN FÜLLUNGEN**

Die Definite-Inlays wiesen im Vergleich zwischen ein- und zweiflächigen und großen, mehr als zweiflächigen Füllungen, wiederum keine Signifikanz auf. Bei den Definite-Füllungen hingegen wiesen fünf der zwölf analysierten Parameter signifikan-

te Unterschiede auf. Dazu gehörten die anatomische Wiederherstellung der ursprünglichen Zahnform, die marginale Integrität, die Randspaltverfärbung, die Integrität des Zahnes und die Sensibilität des Zahnes bei der Nachuntersuchung. Mit zunehmender Ausdehnung der Kavität nimmt die Gefahr einer Destabilisierung des Verbundes zur Zahnhartsubstanz und damit die Frakturanfälligkeit bzw. Infraktion des Zahnes zu. Daher ist folglich auch die Kavitätengröße ein Kriterium für die Indikation zur Kompositrestauration.

Pertac2 bestätigt mit seinen guten Resultaten, dass durch eine adhäsive Restauration auch im Grenzbereich der Indikation eine Stabilisierung der Zahnhartsubstanz und damit eine Versorgung geschwächter Zähne möglich ist. Die Werte der Pertac2-Füllungen in kleinen und großen Kavitäten weichen nur hinsichtlich der Randspaltverfärbung signifikant voneinander ab.

Klinisch stellt sich die Frage, ob die Ursache auf das Material, das Adhäsivsystem und/oder die Verarbeitung zurückzuführen ist. Da bei der Inlaytechnik mit einem anderen Bondingsystem gearbeitet wurde als bei den Definite-Füllungen, ist ein Rückschluss auf die erheblich besseren Resultate der Inlaystudie nur eingeschränkt möglich. Durch die Minimierung des Schrumpfungsprozesses aufgrund der extraoralen Herstellung entspricht das Ergebnis den Erwartungen. Im Vergleich zu den Pertac2-Füllungen weisen die Inlays allerdings unerwartet schlechte Randschlüsse auf.

Hervorzuheben ist die Verwendung des All-in-one Bondingsystems Etch&Prime 3.0 bei den Definite-Füllungen. Die Mehrflaschensysteme erwiesen sich bislang als die vorhersagbarste adhäsive Methode, da jede Komponente unabhängig wirken kann. Nach separater Konditionierung mit Phosphorsäure, kann der dünnfließende Primer in das freigelegte Kollagenfasergeflecht eindringen. Anschließend stabilisiert das visköse Adhäsiv das Kollagengeflecht. Bei Einflaschensystemen müssen die einzelnen Bestandteile in einem Arbeitsschritt zeitgleich wirken, daher müssen sie eng aufeinander abgestimmt werden, um sich nicht gegenseitig zu behindern.

Das Etch&Prime 3.0 Schwächen aufweist, belegt eine Haftfestigkeitsstudie in der Etch&Prime 3.0 eine deutlich geringere Zugfestigkeit erzielte, als die anderen Dentinhaftvermittler dieser Studie (30).

Eine In-vitro-Studie die die Randqualität künstlich gealterter direkter Füllungen mit stopfbaren Kompositen und Ormoceren im direkten Vergleich zu einem Hybridkomposit in großen Klasse-II-Kavitäten untersuchte, kommt zu vergleichbaren Ergebnis-

sen. DasOrmocer Admira wies in dieser Studie signifikant weniger Randspalten und mehr perfekte Ränder auf als Definite. Admira wurde mit der Total-Etch-Technik verarbeitet, Definite mit dem selbstkonditionierenden System Etch&Prime 3.0. Sowohl im Dentin als auch im Schmelz zeigten sich signifikante Unterschiede. Definite wies dabei die schlechteren Randdaten auf (65).

Beim Kriterium **anatomische Form/Konturierung** ergibt sich mit 27,9% zu 17,4% „Bravo“-bewerteten Definite-Füllungen ein augenfälliger Unterschied zu den Pertac2-Füllungen, der jedoch nicht signifikant ist. Die Modellier- und Adaptationseigenschaften sind Voraussetzung, um die anatomischen Strukturen nachzuempfinden. DasOrmocer Definite weist eine relativ hohe Viskosität auf. Dies führt wiederum zu einer erschwerten Handhabung des Materials, so dass viel Erfahrung erforderlich ist, um optimale Resultate mit diesem Komposit erreichen zu können.



## 6. Zusammenfassung

Die heutige Generation von Patienten setzt sich zunehmend kritisch mit den in der Zahnheilkunde verwendeten Materialien auseinander. Toxikologisch in Verruf geratene Füllungswerkstoffe wie Amalgam werden nur noch in Ausnahmen akzeptiert. Im Bestreben einen Ersatz für Amalgam zu etablieren, wurden Komposite mit hervorragenden physikalischen Eigenschaften entwickelt, die zudem den gestiegenen hohen ästhetischen Ansprüchen genügen.

Diesem Erfolg stehen allerdings erneut aufkeimende Fragen nach gesundheitlichen Risiken gegenüber. Eine Vielzahl von Substanzen im Komposit ist in ihrer Wirkungsweise auf den Organismus noch nicht endgültig wissenschaftlich erforscht und unterliegt teilweise der Spekulation. Der Verdacht, dass die in der Matrix enthaltenen Monomere gesundheitliche Risiken bergen, wird verschiedentlich angesprochen. Mit der Entwicklung einer neuen Materialgruppe, dem Ormocer, wurde versucht, sich dieser Herausforderung zu stellen und einen Füllungswerkstoff zu entwickeln, der sowohl gesundheitliche als auch physikalische Aspekte berücksichtigt. Aufgrund einer neuartigen organisch - anorganischen Verbundmatrix, wurde eine deutliche Schrumpfungszunahme und eine Verringerung des allergenen Potentials erwartet.

Ziel dieser Studie war es, das Ormocer-Definite in vivo zu untersuchen und mit einem handelsüblichen Hybridkomposit (Pertac2) in Konkurrenz zu setzen. Besondere Beachtung fand die Randqualität im Vergleich ein- und mehr als zweiflächiger Restaurationen, sowie der Vergleich von Restaurationen in Molaren und Prämolaren. Zudem wurden Inlays aus Definite mit in die Studie einbezogen. Der Indikationsbereich der Inlays entsprach dem der Füllungen, so dass die Ausgangsbedingungen für alle drei Restaurationsarten gleich waren. Insgesamt wurden 57 Definite-Inlays, 68 Definite-Füllungen und 46 Pertac2-Füllungen in die Studie mit einbezogen. Bei den Definite-Füllungen kam es binnen einem Jahres zu sechs Ausfällen. Definite-Inlays hatten im gleichen Zeitraum drei Verluste, während es bei den mit Pertac2 versorgten Zähnen zu keinen Ausfällen kam. Als ausschlagendes Kriterium für die Bildung von Randspalten erwies sich, dass der Ausdehnung der Füllungen die größte Bedeutung zukommt. So fiel der Vergleich der Daten von Füllungen in Molaren mit Füllungen in Prämolaren weit weniger deutlich aus, als der Vergleich zwischen ein - bis - zweiflächigen und mehr als zweiflächigen Füllungen. Besonders gravierend zeigten

sich die Resultate der Definite-Füllungen. Hier wichen fünf von zwölf untersuchten Parametern im Vergleich kleiner und großer Füllungen signifikant voneinander ab. Vor allem die signifikante Verschlechterung der marginalen Integrität und der Verlust der Integrität des Zahnes sind äußerst kritisch zu sehen.

Die Analyse im Rasterelektronenmikroskop ergab für die Definite-Inlays bessere Resultate als die klinische Auswertung. Dies kann mit dem häufigen Auftreten von Randverfärbungen bei den Inlayrestaurationen im Zusammenhang stehen. Die Randqualität der Pertac2- und der Definite-Füllungen fiel analog zu den Ergebnissen der klinischen Datenerhebung aus. Dies bedeutet, dass für Pertac-2 wiederum signifikant bessere Werte bei dem Kriterium Randspalt ermittelt wurden.

Eine mögliche Ursache für das negative Resultat ist in dem verwendeten Bondingsystem (Etch&Prime 3.0; Degussa) zu vermuten. Alle plastischen Definite-Füllungen wurden in Kombination mit diesem One-Bottle-System verarbeitet. Der adhäsive Verbund erreicht mit Etch&Prime 3.0 nicht die Zuverlässigkeit von Adhäsivsystemen mit separater Konditionierung.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass das Hybridkomposit Pertac2 dem Ormocer qualitativ deutlich überlegen ist. Die Erwartungen an das Ormocer-Definite sind nicht erfüllt worden. Insbesondere bei der adhäsiven Verankerung besteht noch Entwicklungspotential.

Vor allem bei großen, mehr als zweiflächigen Füllungen kommt es zu einer ausgeprägten Belastung des adhäsiven Verbundes mit der Gefahr der Randspaltbildung.

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Asche W.: Noch härtere Oberfläche als Diamant, Chem. Rundschau 30, 4 (1987)
- 2 Beetke E, Gatzler M, Ritter G.: Zum Stellenwert von Amalgamfüllungen und Inlay bei der Therapie von Hartschubstanzdefekten im Seitenzahnbereich. Dtsch Stomatol 40: 454-457 (1990)
- 3 Berchthold J.: Qualitative und quantitative Randspaltanalyse bei mit Dual-Cement und Sono-Cem befestigten Dicor-Inlays. Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde an der Medizinischen Fakultät der LMU zu München ( 1996)
- 4 Bernd Haller, Uwe Blunk.: Übersicht und Wertung der aktuellen Bondingsysteme, ZM 93, Nr.7, 48-58 (2003)
- 5 Blunk U.: Dentinhaftmittel-Übersicht und Auswahlkriterien. DAZ-forum 53: 39-50 (1996)
- 6 Blunk U.: Rasterelektronische Beurteilung von Kompositfüllungsrandern im Dentin in vitro. Dtsch Zahnärztl Z 43: 939-943 (1988)
- 7 Blunk U.: Dentinhaftmittel-Übersicht und Auswahlkriterien. DAZ-forum 1996; 53: 39-50
- 8 Bowen R.L.: Compatibility of various materials with oral tissues I The components in composite restorations. J Dent Res 58: 1493-1503 (1979)
- 9 Buonocore MG.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 34: 849-853 (1955)
- 10 Brännström M, Mattsson B, Torstenson B.: Materials techniques for lining composite resin restorations: a critical approach. J Dent 19: 71-79 (1991)
- 11 Cavalho R. M., Thylstrup A., Ekstrand K. R.: Results after 3 years of nonoperative occlusal caries treatment of erupting permanent first molars. Community Dent Oral Epidemiol 20: 187-192 (1991)
- 12 Cheung GSP: A scanning electron microscopic investigation on the acidetched cervical margin of class II cavities. Quintess Int 21: 299-302 (1990)
- 13 Chung K.H.: The relationship between composition and properties of posterior resin composites. J Dent Res 69: 852-856 (1990)
- 14 Claus-Peter Ernst, Brita Willershausen: Eine aktuelle Standortbestimmung zahnärztlicher Füllungskomposite, ZM 93, Nr. 7, 790-800 (2003)

- 15 Davis EL, Laura JC, Joynt RB, Wieczkowski G.: Determination of demand for posterior resin restorations. J Prosthet Dent 59: 242 (1988)
- 16 Dietschi D, Holz J.: Die Qual der Wahl bei Seitenzahnfüllungen. Schweiz Monatsschr Zahnmed 100: 1332-1335 (1990)
- 17 Dorsch P.: Composite Füllungsmaterialien. Report aus Forschung und Entwicklung. Ivoclar-Vivadent, Schaan/Lichtenstein (1990)
- 18 Eichner K.: Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Hüthig, Heidelberg (1985)
- 19 Erickson R.L.: Oberflächen-Interaktionen von Dentin-Adhäsiv-Materialien. Phillip J 11: 149-158 (1994)
- 20 Erickson RL.: Surface interactions if dentin adhesive materials. Oper Dent Suppl 81 (1992)
- 21 Ernst C. P., Martin M., Willershausen B.: Klinische Studie zum Füllungswerkstoff Solitaire. ZWR 107: 672-678 (1998)
- 22 Feilzer A. J.: Polymerization shrinkage stress in dental composite resin restorations. Academisch Proefschrift, Amsterdam (1989)
- 23 Ferracane J I, Nakajima H, Okabe T.: Enhanced evaporation of mercury from amalgams in non-oxidizing enviroments. Dent Mater 9, 300-305 (1993)
- 24 Fraunhofer-Institut für Silikatforschung, FhG-Berichte, 97-104 (1991)
- 25 Frankenberger R.: Zur Dauerhaftigkeit des Dentinverbundes. Dtsch Zahnärztl Z 3 154-171 (2002)
- 26 Frankenberger R, Perdigai J, Rosa BT & Lopes M.: „No-bottle“ vs “multi-bottle” dentin adhesives – a microtensile bond strength and morphological study Dental Materials 17 373-380 (2001)
- 27 Franz-Xaver Reichl.: Toxikologie zahnärztlicher Restaurationsmaterialien. Zahnärztliche Mitteilungen 93, Nr. 7, 834-840 (2003)
- 28 Friedl K.-H., Schmalz G., Hiller K.-A., Mortazavi F.: Marginal adaptation of composite restorations versus hybrid-ionomer/composite sandwich restorations. Oper Dent 22: 21-29 (1997)
- 29 Fröhlich M, Schneider H, Merte K.: Oberflächeninteraktionen von Dentin und Adhäsiv. Dtsch Zahnärztl Z 51: 173-176 (1996)
- 30 Gerhardt CR, Salhab AP J, Schaller HG.: Die Zugfestigkeit verschiedener Dentinhaftvermittler auf trockenem und perfundiertem Dentin. Dtsch Zahnärztl Z 5: 467-471(2001)

- 31 Glenn, J. F.: Composition and properties of unfilled and composite resin restorative materials. In: Smith, D. C. and Williams, D. F. (eds.): Biocompatibility of Dental Materials, Vol. III. CRC Press, Boca Raton 1982, S. 97
- 32 Gordan VV, Vargas MA, Cobb DS & Denehy GE.: Evaluation of acidic primers in microleakage of Class 5 composite resin restorations Operative Dentistry 23 244-249 (1998)
- 33 Greiwe K., Schottner G.: ORMOCERe eine neue Werkstoffklasse, erste Produktentwicklungen. Fraunhofer-Institut für Silikatforschung, FhG-Berichte 2, 64-67 (1990)
- 34 Grundy JR.: An intra-oral replica technique for use with scanning electron microscope. Br Dent J 130: 113-117 (1971)
- 35 Haller B.: aktueller Stand der Komposit-Dentinhaftung. Zahnärztl Mitteilungen 86-97 (1992)
- 36 Haller B., Fritzenschaft A.: Dentinhaftung von Ein- und Mehrkomponenten-Haftvermittlern bei Dry und Moist Bonding in vitro. Dtsch Zahnärztl Z 54: 225-230 (1999)
- 37 Haller B.: Mechanismus und Wirksamkeit von Dentinhaftvermittlern Dtsch Zahnärztl Z 49, 750-759 (1994)
- 38 Hannig M: Klinische Erfahrungen bei der Füllungstherapie mit Kompositinlays. Zahnärztl Praxis 162-165 (1991)
- 39 Hannig M & Bott B.: Randschlussverhalten von plastischen zahnfarbenen füllungen in dentinbegrenzten Klasse-II-Davitäten Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift 55 134-138 (2000)
- 40 Hannig M, Reinhardt K-J & Bott B.: Composite-to-dentin bond strength, micromorphology of the bonded dentin interface and marginal adaptation of Class II composite resin restorations using self-etching primers Operative Dentistry 26 157-165 (2001)
- 41 Hara AT, Amaral CM & Pimenta LAF: Shear bond strength of hydrophilic adhesive systems to enamel American Journal of Dentistry 12 181-184 (1999)
- 42 Hellwig E, Klimek J, Attin T.: Einführung in die Zahnerhaltung, München, Urban & Schwarzenberg, (1995)
- 43 Hickel R.: Komposit-Seitenzahnrestorationen Indikation und Lebensdauer, ZBay Online, [blzk.globaldent.com/zbay/4](http://blzk.globaldent.com/zbay/4) (2002)
- 44 Hickel R.: Moderne Füllungswerkstoffe. Dtsch Zahnärztl Z 52: 572-585 (1997)

- 45 Hickel R, Kunzelmann K-H, Obermeier T.: Die Kompositfüllung im Seitenzahnbereich- Teil I. ZWR 103: 610-618 (1994)
- 46 Hugo B., Lussi A., Hotz P.: Die Präparation der Schmelzanschrägung bei approximalen Kavitäten. Schweiz Monatsschr Zahnmed 102, 1181-1188 (1992)
- 47 Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H & Van Meerbeek B.: Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin The Journal of Adhesive Dentistry 3 137-245, (2001)
- 48 Inoue H, Inoue S, Uno S, Takahashi A, Koase K & Sano H.: Microtensile bond strength of two single-step adhesive systems to bur-prepared dentin The journal of Adhesive Dentistry 3 129-126 (2001)
- 49 Janda R.: Der Stand der Entwicklung auf dem Gebiet der Zahnfüllungskunststoffe (i-III). Quintessenz 39: 1067-1073, 1234-1253, 1393-1398 (1988)
- 50 Janda, R.: Der Stand der Entwicklung auf dem Gebiet der Zahnfüllungskunststoffe. Quintessenz 39, 1067 und 1243 (1988)
- 51 Jendresen M.D.; Glantz P.O.: Microtopography and clinical adhesiveness of an acid etched tooth surface. Acta Odontol Scand 39: 47-53, (1981)
- 52 Kaaden C, Powers JM, Friedl K-H & Schmalz G.: Bond strength of self-etching adhesives to dental hard tissues Clinical Oral Investigations 6 155-160 (2002)
- 53 Kaiser A., Schmidt H.: Organisch modifizierte Silicate als „molekulare“ anorganisch-organische Verbundstoffe und ihre Anwendungsmöglichkeiten für die Medizin. Fraunhofer-Institut für Silikatforschung, FhG-Berichte, 97-104 (1991)
- 54 Karrer M: Ethik und Ästhetik- Perspektiven für die Zahnmedizin. Dtsch Zahnärztl Z 7: 424- 437 (1999)
- 55 Krejci I., Sparr D., Lutz F.: Dreischichtiges Lichthärteverfahren mit herkömmlichen Komposit-Kunststoffen für Black-Klasse-II-Restaurationen. Quintessenz, 1217-1230 (1987)
- 56 Kubo S, Yokota H, Sata Y & Hayashi Y.: Microleakage of self-etching primers after thermal and flexural load cycling American Journal of Dentistry 14 163-169 (2001)
- 57 Kunzelmann K.-H., Krause F., Hickel R.: Dentinhaftung von Kompositfüllungen und Keramikinlays in Klasse-II-Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 48: 724-727 (1995)

- 58 Kunzelmann K.-H., Krause F., Hickel R.: Dentinhaftung von Kompositfüllungen und Keramikinlays in Klasse-II-Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 48:724-727 (1993)
- 59 Kunzelmann K. H.: Verschleißanalyse und –quantifizierung von Füllungsmaterialien in vivo und in vitro. Habilitation, Ludwig-Maximilians-Universität München (1996)
- 60 Lutz F: Ein Fachmann für die Zahnerhaltung: Felix Lutz (Interview). Phillip J 6: 280-285 (1990)
- 61 Lutz, F., Phillips, R.W., Roulet, J.F., Imfeld, T.H.: Komposits – Klassifikation und Wertung. Schweiz Monatsschr Zahnmed 93, 914 (1983).
- 62 Lonroth E.C., Shahnava H.: Use of polymer materials in dental clinics, case study. Swed. Dent. J. 21, 149-159 (1997)
- 63 Lösche A.C. Lösche G.M., Roulet J.-F.: The effect of prolonged waterstorage on marginal adaptation of class II fillings. J Dent Res 75: 394 (abstr. no.3013) (1996)
- 64 Lösche G. M.: Color measurement of Comparison of campheroquinon conversion rate. J Dent Res 69: 232-236 (1990)
- 65 Manhart J.: Einfluss unterschiedlicher Parameter auf die Adhäsion kompositbasierter Restaurationsmaterialien an Zahnhartsubstanzen. Ludwig-Maximilians-Universität, München (2003).
- 66 Marek M.: Dissolution of mercury from dental amalgam at different pH values. J Dent Res 76, 6, 1308-1315 (1997)
- 67 Marlof R., Roulet J. F., Mörmann W., Lutz F.: Kompositinlays – Randqualität und Verschleiß nach 6 Monaten. Schweiz Monatsschr Zahnmed 94: 1215-1222 (1984)
- 68 Michael A. Baumann: Grundlagen der Zahnerhaltungskunde 137 (1997)
- 69 Miyazaki M., Sato M & Onose H.: Durability of enamel bond strength of simplified bonding systems Operative Dentistry 25 75-80 (2002)
- 70 Moll K, Gärtner T & Haller B.: Effect of moist bonding in composite/enamel bond strength American Journal of Dentistry 15 85-90, (2002)
- 71 Moll K, Park H-J & Haller B.: Bond strength of adhesive/composite combinations to dentin involving total- and self- etch adhesives The Journal of Adhesive Dentistry. 4 171-180. (2002)
- 72 Newman SM.: Amalgam alternatives: What can compete? J Americ Dent Assoc 122: 67-71 (1991)
- 73 Nolden R.: Kompositfüllungen im Seitenzahnbereich, Zahnärztl Mitteilungen 79: 926-928 (1989)

- 74 Nolden R.: Die Frontzahnfüllung. In: Ketterl, W. (Hrsg.): Deutscher Zahnärztekalendar 1985. Hanser, München 1985, S41
- 75 Nyad B., Fejerskov O.: Active root surface caries converted into inactive caries as a response to oral hygiene. Scand J Dent Res 69: 281-284 (1986)
- 76 Pashley D.H.; Michelich V.; Kehl T.: Dentin permeability: effects of smear layer removal. J Prosthet Dent 46: 531-537 (1981)
- 77 Prati C, Chersoni S, Cretti L & Mongiorgi R.: Marginnal morphology of Class V composite restorations American Journal of Dentistry 10 231-236(1997)
- 78 Qvist V., Qvist J., Mjör I. A.: Placement and longevity of tooth-colored restorations in Denmark. Acta Odontol Scand 48: 305-311 (1990)
- 79 Resch H., Roulet J. F.: In-vitro- marginal integrity of mod-fillings with hybrid and microfilled composites. J Dest Res 65: 826, (1996)
- 80 Roulet JF, Blunk U: Probleme und Lösungsansätze der Adhäsivtechnik im Seitenzahnbereich. Neue Gruppe 9: 10-13 (1996)
- 81 Roulet J.F.: Degradation of dental polymers. Baxel, Karger Verlag (1987)
- 82 Roulet J.-F.:Zahnfarbene Restaurationen als Amalgam-Alternativen. Dtsch Zahnärztl Z 49: 859-866 (1994)
- 83 Rosa BT & Perdigao J.: Bond strengths of nonrising adhesives Journal of Prosthetic Dentistry 83 353-358 (2002)
- 84 Ruyter I.E: Die chemischen Grundlagen dentaler Adhäsivsysteme. Phillip J 12: 481-488 (1995)
- 85 Ryge G., Snyder M.: Evaluation the clinical quality of restaurations. J Am Dent Assoc 87: 369-377, (1973)
- 86 Sadoh D.R., Sharief M.K., howard R.S.: Occupational exposure to methylmethacrylate monomere induces generalised neuropathy in a dental technican. Brit Dent J 186(8): 380-381, (1999)
- 87 Santini A, Plasschaert AJM & Mitchell S.: Effect of composite resin placement techniques on the microleakage of two self-etching dentin-bonding agents American Journal of Dentistry 14 132-136 (2001)



- 88 Schaller H.G, Götz W., Bertrams U.: Prüfung der Wandständigkeit verschiedener Kompositkunststoffe im Seitenzahnbereich. Dtsch Zahnärztl Z 43, 914-918 (1998)
- 89 Schiele R.: Die Amalgamfüllung- Verträglichkeit. Dtsch Zahnärztl Z 46: 515-518 (1991)
- 90 Smith, D. C.: Posterior composite dental restorations materials: materials development. In: Vanherle, G. and Smith, D. C. (eds.): Posterior Composite Resin Dental Restorative Materials. 3M, St. Paul 1985, S.47
- 91 Soltesz U.: Polymerisationsschrumpfung einiger neuer Komposit-Füllungswerkstoffe. Zahnärztliche Mitteilungen 88 1404-1406 (1998)
- 92 Soltesz U.: Polymerisationsschrumpfung von „Definite“-Korrekturwerte Zahnärztliche Mitteilungen 89 58-59. Artikel im Ordner ZM (1999)
- 93 Staehle H.J., Hickel R: Komposite im Seitenzahnbereich. Zahnärztl Mitteilungen 88: 1080 (1998)
- 94 Thonemann B., Federlin M., Schmalz G., Hiller K.-A.: SEM analysis of marginal expansion and gap formation in Class II composite restorations. Dent Mater 13: 192-197 (1997)
- 95 Vanherle, G., Lambrechts, P. and Braem, M.: Overview of the clinical requirements for posterior composites. In: Vanherle, G and Smith, D. C. (eds.): Posterior Composite Resin Dental Restorative Materials 3M, St. Paul 1985, S.21
- 96 Van Meerbeek B.: Inokoshi S.: Braem M.; Lambrechts P.; Vanherle G.: Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. J Dent Res 71: 1530-1540, (1992)
- 97 Van Meerbeek B.; Yoshida .; Snauwaert J.; Hellemans L.; Lambrechts P.; Vanherle G.; Wakasa K.; Pashley D.H.: Hybridization effectiveness of a two-step versus a three-step smear layer removing adhesive system examined correlatively by TEM and AFM. J Adhes Dent 1: 7-23, (1999)
- 98 Vossen ME, Letzel H, Stadhouders AM, Hertel R, Henriks FHJ: A rapid scanning electron microscopic replication technique for clinical studies of dental restorations. Dent mater 1: 159-163 (1985)
- 99 Wolter H., Storch W.: Neuartige Silanklasse – Werkstoffe für Formkörper. ISC – Tätigkeitsbericht (1992)
- 100 Wolter H., Storch W.: The influence of molecular structure on the properties of inorganic-organic copolymers. Polymer for Advanced Technologies (PAT 93), Oxford (1993)

- 101 Wolter H., Storch W., Ott H.: Dental filling materials (posterior composites) based on inorganic/organic copolymers (ormocer<sup>®</sup>s). Makro Akron 1994, 35<sup>th</sup> IUPAC, International Symposium on Makromolecules, Ohio (1994)

## 8.2 Materialliste

- Impregum F®, Polyätherabformmasse, Firma 3M ESPE, Seefeld, Germany
- Pentamix®, Impregumanmischgerät, Firma 3M ESPE, Seefeld, Germany
- Life, Kerr Italia S.p.A. Salerno, Italy
- Ketac-Bond, GIZ, Aplicap, Firma 3M ESPE, Seefeld, Germany
- Email Preparator GS®, 37% Phosphorsäure, Firma Vivadent, Dental GmbH, Ellwangen, Germany
- Syntac Primer, Vivadent Dental GmbH, Ellwangen, Germany
- Syntac Adhesiv, Vivadent Dental GmbH, Ellwangen, Germany
- Heliobond, Vivadent Dental GmbH, Ellwangen, Germany
- Monobond, Vivadent Dental GmbH, Ellwangen, Germany
- EBS-Multi, Adhäsivsystem, Firma 3M ESPE, Seefeld, Germany
- Each&Prime 3.0, Firma Degussa, Germany
- Vario Link, Befestigungskomposit, Vivadent Dental GmbH, Ellwangen, Germany
- Airbock, Glycerin-Gel, De Trey Dentsply GmbH, Konstanz, Germany
- Sof-Lex™, Soflex-Disks, 3M-Dental, St.Paul, USA
- Finierstreifen, Sof-Lex™, 3M-Dental, St.Paul, USA
- Lichtofen, Unilux AC, Heraeus Kulzer, Wehrheim, Germany
- Polymerisationsgerät, Translux CL®, , Heraeus Kulzer, Wehrheim, Germany
- Epoxy-Die, Epoxidharz, Firma Ivoclar Liechtenstein
- Fuji-Rock, Superhartgibs, GC Fujirock EP, GC Belgien
- Leit-C-Plast, Graphitleitpaste, Chemiegroßhandel Münster, Germany
- Nikon-Fotoapparat, AC UNIT LA-2, FOR MEDICAL NIKKOR 120mmF4
- Sputteranlage, Polaron Equipment CTD, SEM Autocoating unit E5200
- HANEL-Folie, Okklusionsfolie, 12µ einseitig, Roeko, Langenau, Germany
- Abformlöffel aus Kunststoff, Heko
- Rasterelektronenmikroskop, REM, Leitz-AMR, 1200 Wetzlar
- Ungewachste Zahnseide, Johnson+Johnson, Dental Floss unwaxed

### **8.3 DANKSAGUNG**

Ausgesprochener Dank gilt Herrn Professor Dr. Hickel, Direktor der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München, der die Durchführung der Studie ermöglichte.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. Manhart der mir das Dissertationsthema überlassen hat und mich in allen Phasen der Dissertation betreute und zur Seite stand. Die Unterstützung und Hilfsbereitschaft hat mich stets motiviert.

Bei Herrn Dipl.-Ing. T. Obermeier möchte ich mich herzlich für die tatkräftige Unterstützung am REM und am Computer bedanken.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Lebensgefährtin Sylvia Sam bedanken die mir stets emotionalen Halt gab und mir in allen Phasen des Studiums Freund und Verbündete war.

## 8.4 LEBENSLAUF

### Persönliche Daten

---

Name	Müller Wolfgang
Geburtsdatum	12. Januar 1965
Geburtsort	Bayreuth
Eltern	Gottfried Müller Karin Müller (geb. Schellenberg)

### Schulbildung, Berufsausbildung

---

1975 - 1980	Hauptschule Fürstenfeldbruck
1980 - 1984	Ausbildung zum Zahntechniker in München
1988 - 1992	Abendgymnasium München, Abschluss mit der allg. Hochschulreife

### Studium

---

1995 - 2001	Studium der Zahnmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München, Abschluss 2001
-------------	---

### Berufliche Tätigkeit

---

1984 - 1986	Tätigkeit als Zahntechniker Labor Gottfried Müller, München
1986 - 1988	Tätigkeit als Zahntechniker Labor Veit Wohlrab, München
1988 - 1992	Nebentätigkeit als Zahntechniker in München (parallel Besuch des Abendgymnasiums)
1992 - 1995	Nebentätigkeit als Zahntechniker in München (zur Überbrückung der Wartezeit auf einen Studienplatz)
1995 - 2001	Studienbegleitende Nebentätigkeit als Zahntechniker Praxis Dr. Müller, München Praxis Dr. Eisenkolb, Taufkirchen
2001 - 2002	Tätigkeit als Vorbereitungsassistent Praxis Dr. Alfred Plötz, Freising
2002 - 2004	Tätigkeit als Vorbereitungsassistent Praxis Dr. Peter Laupichler / Dr. Cathrin Stingl, Altdorf

seit 1.4.2004

Selbstständig als Zahnarzt in der Gemeinschaftspraxis  
Dr. Peter Laupichler und Wolfgang Müller