

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. A. Petschelt

**Randqualität bei Kompositfüllungen und Keramikinlays
nach Vorbehandlung mit Dentinhaftvermittlern**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

D - 29

vorgelegt von
Frank Stephan Krause
aus Nürnberg

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan:	Prof. Dr. Dr. G. Lehnert
Referent:	Prof. Dr. R. Hickel
Korreferent:	Prof. Dr. A. Petschelt
Tag der mündlichen Prüfung:	15. Dezember 1994

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Material und Methode	7
2.1	Untersuchte Materialien	7
2.2	Vorbereitung der Probenzähne	8
2.3	Legen der plastisch eingebrachten Füllungen (Versuchsgruppen 1-6)	11
2.3.1	Ketac ^R Silver (Versuchsgruppe 1)	11
2.3.2	Scotchbond 2 TM und P-50 TM (Versuchsgruppe 2)	11
2.3.3	Gluma ^R Bonding System und Lumifor ^R (Versuchsgruppe 3)	14
2.3.4	Syntac ^R und Tetric ^R (Versuchsgruppe 4)	15
2.3.5	Pertac ^R Universal Bond und Pertac ^R Hybrid (Versuchsgruppe 5)	16
2.3.6	Säure - Ätz - Technik und Pertac ^R Hybrid (Versuchsgruppe 6)	17
2.4	Versorgung von Kavitäten mit Keramikinlays nach dem Cerec ^R System (Versuchsgruppen 7-11)	18
2.4.1	Besonderheiten der Kavitäten	18
2.4.2	Herstellung der Keramikinlays	18
2.4.3	Adhäsive Zementierung der Inlays	20
2.5	Ausarbeitung der Füllungen	22
2.6	Replikaherstellung	23
2.7	Temperaturwechselbelastung	25
2.8	Qualitative und quantitative Randanalyse	26
2.8.1	Bewertungskriterien	26
2.8.2	Quantigap ^R	27
2.9	Statistische Auswertung mittels SPSS ^R	29
3	Ergebnisse	31
3.1	Übersicht	31
3.2	Einfluß des Thermocycling	32
3.3	Einfluß der Oberflächenkonditionierung	35
3.3.1	bei plastischen Füllungen (VG 1-6)	35

3.3.2	bei Keramikinlays (VG 7-11)	39
3.4	Einfluß der Füllungstechnik	42
3.4.1	vor Thermowechselast	44
3.4.2	nach Thermowechselast	45
4	Diskussion	46
4.1	Diskusson der Ergebnisse	46
4.1.1	Thermocycling	47
4.1.2	Oberflächenkonditionierung	50
4.1.3	Einfluß der Füllung	55
4.2	Vergleiche mit Untersuchungen anderer Autoren	57
4.3	Fehlermöglichkeiten	59
4.3.1	Replikatechnik	59
4.3.2	Rasterelektronenmikroskop	62
5	Zusammenfassung	66
6	Literaturverzeichnis	68
7	Anhang	84
7.1	Abkürzungen	84
7.2	Abbildungen, Anlagen, REM-Bilder und Tabellen	80
7.2.1	Abbildungen	85
7.2.2	Anlagen	95
7.2.3	REM-Bilder	103
7.2.4	Tabellen	108
7.3	Materialien	109
	Danksagung	113
	Lebenslauf	114

1 Einleitung

Die Nachfrage der Patienten nach zahnfarbenen Restaurationen im Seitenzahngebiet nimmt in den letzten Jahren deutlich zu. Gründe dafür sind zum einen die Verunsicherung durch die kontroverse Diskussion um Amalgam, zum anderen ein gestiegenes ästhetisches Zahnbewußtsein der Patienten. Deshalb wird der Zahnarzt immer öfter vor die Frage gestellt, welche zahnfarbenen Materialien er alternativ zu Amalgam verwenden kann.

Kompositfüllungen, Komposit- oder Keramikinlays finden im Seitenzahnbereich heute schon Anwendung (8,46,66,86). Die Indikation sollte jedoch nur auf schmelzbegrenzte Kavitäten unter Anwendung der Adhäsivtechnik (Schmelz-Ätz-Technik) beschränkt sein.

Mit Hilfe von Dentinadhäsiven (Dentin Bonding Materialien) wird versucht, durch einen zusätzlichen Haftmechanismus eine Randspaltbildung bei zervikalen Rändern im Bereich des Wurzelzements oder Dentins zu verhindern.

Ist die Mehrzahl bisheriger Studien davon ausgegangen, daß der Haftmechanismus der Dentinadhäsive rein chemischer Natur ist (11,16,26,41,72,74,77,96,102,108), so haben andere Autoren die Meinung vertreten, daß es sich um eine Mischung mikromechanischer Verzahnung und chemischer Bindung handelt (89,129). Neuere Untersuchungen kamen zu dem Schluß, daß die mechanische Haftung überwiegt (34,43,72).

In dieser Arbeit soll die Möglichkeit einer Erweiterung der Indikation abgeklärt werden.

Dazu wurden in extrahierte menschliche Molaren und Prämolaren MOD - Kavitäten mit approximalen Kästen unterhalb der Schmelz - Zement - Grenze versehen und durch verschiedene Füllstoffe und Füllungstechniken versorgt. Anschließend erfolgte eine qualitative und quantitative Randanalyse am Rasterelektronenmikro-

skop.

Ziele dieser Studien waren es:

- 1) drei Dentinadhäsive, einen Schmelzhaftvermittler und einen Cermet - Zement zu vergleichen.
- 2) mittels Kompositfüllungen und Keramikinlays den Einfluß des Füllungswerkstoffes zu ermitteln.
- 3) durch Thermowechselast die Beeinflussung der Randqualität durch Temperaturstreß zu untersuchen.
- 4) zu klären, ob die Benetzung von geätztem Schmelz mit Dentinadhäsiven die Randqualität beeinflußt.

2 Material und Methode

2.1 Untersuchte Materialien

Für die Untersuchung standen in vitro 66 kariesfreie, unverletzte, menschliche Molaren und Prämolaren zur Verfügung. Sie wurden in elf Versuchsgruppen mit jeweils sechs Zähnen aufgeteilt und mit MOD Präparationen versehen, so daß durch Einzelbetrachtung der Approximalflächen pro Versuchsgruppe zwölf Fälle auszuwerten waren.

Im Versuch wurden drei Dentinadhäsive (= DBA ¹) und ein Schmelzhaftvermittler (= SHV) mit den zugehörigen Kompositen und Klebern für plastisch eingebrachte Füllungen bzw. Inlays verglichen. Als Referenz dienten Cermet - Zement gefüllte Zähne und rein schmelzbegrenzte MOD Kavitäten, die unter Anwendung der Schmelz-Ätz-Technik (SÄT) und mit einem Hybrid-Komposit gefüllt wurden. Mit Ausnahme der SÄT-Gruppe lagen alle gingivoapproximalen Begrenzungen der Black II Kavitäten 1,5 - 2,0 mm unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze (SZG). Je sechs Zähne der Dentinadhäsiv- und Schmelzhaftvermittlergruppen wurden mit dem zugehörigen Komposit ("plastische Füllung") bzw. einem Keramikinlay nach dem Cerec - System versorgt. Die Werte für eine Versorgung mit SÄT und Keramikinlays wurden aus einer Untersuchung (33) unter identischen Bedingungen übernommen. Tabelle 1 und die Abbildungen 1 - 4 geben eine Übersicht über die Nummerierung der Versuchsgruppen und die zugehörigen Füllungstechniken.

¹Die Erläuterungen zu allen verwendeten Abkürzungen sind im Anhang (7.1) aufgeführt.

2.2 Vorbereitung der Probenzähne

66 kariesfreie Molaren und Prämolaren wurden unmittelbar nach der Extraktion in Ringerlösung (Anhang 7.3/1) gegeben. Während der ganzen Dauer der Versuche wurden die Zähne in einem Behälter mit 1,2 Liter Ringerlösung aufbewahrt, die alle drei Monate komplett erneuert wurde.

Die Zeitspanne zwischen Extraktion der Zähne und Präparation der Kavitäten variierte zwischen zwei Wochen und sechs Monaten.

Zahnstein und Desmodontalreste wurden mit einem Scaler entfernt. Die Wurzelspitzen wurden parallel zur Kauebene flachgetrimmt, um ungefähr die gleiche Länge herzustellen und die primäre Haftung auf konfektionierten REM-Trägern mittels Alleskleber (Anhang 7.3/2) zu erleichtern. Das Einbetten der auf diese Weise vorbereiteten Zähne erfolgte mit kaltpolymerisierendem Kunststoff (Anhang 7.3/3) in einer genormten Teflonform. Es empfiehlt sich, Retentionen in die Zahnwurzeln zu schleifen. Damit wird vermieden, daß sich die Zähne aus dem PMMA lösen. Da die Zähne immer feucht waren, lag der Kunststoff nie völlig an den Zähnen an. Es ist ferner darauf zu achten, daß die SZG mindestens 4 mm frei von Sockelkunststoff ist. Die Zähne wurden getrennt nach Zahngruppen (Molaren/Prämolaren) gleichmäßig auf die elf Gruppen verteilt.

Für die Versuchsgruppen (= VG) 1-10 (s.Tab. 1) wurden an 60 Zähnen Black-Klasse II MOD Kavitäten präpariert, deren gingivoap proximale Begrenzung 1,5 - 2,0 mm unterhalb der SZG lag. Dazu wurden, unter Wasserkühlung und maximaler Drehzahl, in einem roten Winkelstück (Anhang 7.3/4) eingespannte, zylinderförmige Diamantschleifer (Anhang 7.3/5) verwendet, die nach sechs Zähnen ausgewechselt wurden. Auf eine nahezu parallele Präparation aller senkrechten Kavitätenwände wurde geachtet. Die rechtwinklig, ohne Anschrägung gestalteten Kavitätenränder ("butt joint") wurden niedertourig, ebenfalls im roten Winkelstück mit feinen Diamanten gleicher Form und Größe (Anhang 7.3/5) finiert.

Bei den sechs Zähnen der Versuchsgruppe 11 bestand der einzige Unterschied der Präparation darin, daß die approximalen Kästen zervical 1,5 mm über der SZG enden.

Analog der Verfahrensweise adhäsiver Füllungstechnik in vivo wurde als nächster Schritt die Unterfüllung (= Uf) gelegt (8,48,121).

Zum Schutz der Pulpa wurden bei den Versuchsgruppen 2-10 die drei pulpanahen Dentinflächen mit einem Glasionomerzement (= GIZ) (Ketac Bond Applicap, Anhang 7.3/6) abgedeckt. Um Dosierungsfehler zu vermeiden, fanden nur Kapselpräparate Verwendung, bei denen ein konstantes Pulver-Flüssigkeitsverhältnis vorausgesetzt werden kann. Dazu wurde jede Kavität 30 s lang mit dem Luftbläser getrocknet. Auf das Legen eines Kofferdams konnte verzichtet werden, da eine Kontamination der Kavität auf den REM-Trägern nicht zu erwarten war. Ketac^R Bond wurde 10 s bei 4000 U/min angemischt (Anhang 7.3/10). Zwei Minuten nach dem Legen der Unterfüllung wurde ein feuchtes Wattepellet auf die Kavität gelegt und damit ein Austrocknen und Craquelieren des Glasionomerzements verhindert. Nach weiteren acht Minuten wurde die Unterfüllung mit Finierdiamanten (Anhang 7.3/5) in einem roten Winkelstück bei niedriger Drehzahl und unter Wasserkühlung occlusal und im Kasten geglättet. Sie wurde dann mit einem lichthärtenden ungefüllten Komposit (Anhang 7.3/7) abgedeckt und 20 s mit einer Polymerisationslampe (Anhang 7.3/8) ausgehärtet.

GIZ ist auf freiliegendem Dentin, wenn er nicht direkten Kontakt zum Pulpagewebe hat, unbedenklich (7,68), pulpanahe Dentinbereiche sollten jedoch mit einem Calciumhydroxydpräparat abgedeckt werden. Somit bietet GIZ durch seine nachweisbare chemische Haftung an Zahnhartsubstanz (63) nicht nur Schutz gegen Temperaturschwankungen, gegen Säure beim Anätzen des Schmelzes oder durch Spalten eingedrungene Bakterien und ihre Toxine, sondern auch gegen Komposite selbst.

In verschiedenen Studien wurde für Scotchbond^R (6,13, 46,134),

Gluma^R (13,46), Syntac^R (125) und Komposite (85) nachgewiesen, daß Irritationen der Pulpa, bis hin zur Nekrose (130) auftreten können. Demgegenüber stehen jedoch Untersuchungen, die die Hauptursache für erhöhte postoperative Sensibilität in Flüssigkeitsverschiebungen in den Dentintubuli und in durch Spalten eingedrungene Bakterien (72,95) sehen.

Als weiterer Grund für das Legen einer GIZ Unterfüllung wurde die zusätzliche Haftung angegeben, die Füllungen sowohl in Klasse I- (94), II- (29,131) oder V-Kavitäten (122) erhalten sollen. Dies drückte sich in signifikant weniger Spaltbildung aus. Andere Unterfüllungsmaterialien wie z.B. Dycal^R (16,38) und Phosphatzemente (112) scheinen sich negativ auf die Randqualität auszuwirken.

Es ergab sich jedoch nicht immer ein Unterschied zwischen Kompositfüllungen mit und ohne Unterfüllung (nur Dentinbonding) (95). Andererseits gibt es Autoren, die zu Bedenken geben, daß durch das Schützen der Pulpa mit einer Unterfüllung wertvolle Adhäsionsfläche für das Dentinadhäsiv verloren geht (98).

2.3 Legen der plastisch eingebrachten Füllungen (Versuchsgruppen 1-6)

Sämtliche verwendeten Materialien wurden nach den Herstellerangaben verarbeitet.

2.3.1 Ketac^R Silver (Versuchsgruppe 1)

Sechs Zähne mit approximalen Kästen unterhalb der SZG wurden mit dem Cermet - Zement Ketac^R Silver versorgt. Vor dem Legen der Füllungen wurden die Zähne mit Wasserspray gesäubert und anschließend mit dem Luftbläser getrocknet. Auch hier wurden wieder, um Dosierungsfehler zu vermeiden, Kapselpräparate verwendet. Ketac^R Silver (Anhang 7.2/9) wurde im Silamat (Anhang 7.3/10) bei 4000 U/min 10 s lang angemischt und sofort im Überschuß in die Kavität eingebracht. Nach dem Abbinden wurde die Füllung mit Visio^R Bond (Anhang 7.3/7) abgedeckt und mit der Polymerisationslampe (Anhang 7.3/8) 20 s ausgehärtet.

24 Stunden später wurden die Füllungen ausgearbeitet (s.Kap. 2.5).

2.3.2 ScotchbondTM 2 und P-50TM (Versuchsgruppe 2)

ScotchbondTM 2 ist ein Dentin Bonding System auf der Grundlage von Phosphateestern (Bis-GMA) und stellt einen Verbund mit den anorganischen Anteilen des Dentins in Anwesenheit der Schmier-schicht her (72). Die Schmierschicht (smear layer) besteht aus Zahnhartsubstanz (Hydroxylapatit), Kollagen, Speichel, Mikroorganismen und Farbstoffen und ist 1-4 µm dick (72,73,89).

Der *Primer* besteht zu 2,5 % aus Maleinsäure und 58,5 % HEMA (Hydroxylmethacrylacetat) in Wasser gelöst. Das *Adhesive* ist zu-

sammengesetzt aus 62,5 % Bis-GMA (Bisphenolglycidylmethacrylat), 37,5 % HEMA und Photoinitiatoren. Das Bis-GMA wird als die funktionelle Komponente bezeichnet (108) und stellt über eine Chelatbindung mit Ca^{2+} als Zentralion einen Verbund zum Dentin her (108,129).

Sechs Zähne mit approximalen Kästen unterhalb der SZG wurden mit Scotchbond™ 2 vorbehandelt und dem ebenfalls von der Firma 3M stammenden, lichthärtenden Feinhybridkomposit (66) P-50™ (Anhang.7.3/11,12) versorgt.

Nach dem Absprayen und Trockenblasen der Kavität wurden die Schmelzränder im Sinne der Schmelz-Ätz-Technik (SÄT) (17,25) mit 30 prozentiger Orthophosphorsäure in Form eines thixotropen Säuregels (Anhang 7.3/13) angeätzt, um eine Vergrößerung der Oberfläche und die mikromechanische Verankerung des Bondings (low viscosity bonding resin) zu erreichen (4,8,28,50,121). Ein akzidentelles Touchieren der Dentinflächen mit dem Ätzgel sollte vermieden werden (123).

Diese Arbeitsschritte - nachstehend als Schmelz - Ätz - Technik oder Schmelzätzung bezeichnet - kamen bei allen folgenden acht (VG 3-10) Versuchsgruppen zur Anwendung:

- Säuregel 30 s auf den Schmelzrändern belassen
- 30 s lang absprühen
- 30 s lang trocknen

Bei Verwendung des Scotchbond^R 2 Systems werden 120 s für 5 Schritte, inklusive des Aushärtens mit UV-Licht benötigt.

Das *Dentin-Priming* besteht bei Scotchbond^R 2 im

- Auftragen des Scotchbond Dentin Primer^R mit einem kleinen Schwämmchen. Die benetzte Dentinfläche soll 60 s lang glänzen, d.h. mit frischem Dentin Primer benetzt bleiben.
- Trocknen der Kavität mit öl- und wasserfreier Luft (15 s). Die behandelte Oberfläche erscheint dann matt. Es wird in

der Gebrauchsanweisung ausdrücklich darauf hingewiesen, daß ein Benetzen der vorbehandelten Schmelzoberfläche keinen negativen Einfluß auf den Verbund des Scotchbond 2 Adhesive™ mit diesen Oberflächen hat. Wäre diese Voraussetzung nicht gegeben, hätte dieses Dentinadhäsiv in vivo bei derart tiefen approximalen Kästen auch keine Einsatzmöglichkeit. Es kann nicht so gezielt aufgebracht werden, daß keine Schmelzfläche mit dem Primer in Berührung kommt.

Als nächste Schritte folgen:

- mit einem Pinsel aufbringen des *Scotchbond 2 Adhesive™* auf alle vorbehandelten Flächen
- nur kurz unter einem Luftstrom verteilen, um die Radikalbildung mit Sauerstoff gering zu halten
- das Adhäsiv 20 s lang unter Lichtaktivierung (Anhang 7.3/8) aushärten

Da die Mehrzahl vorhergegangener Studien die "Incremental Technique", also das schrittweise Einbringen des Komposits, favoursiert (25,32,37,56,60,83,94,107,133,136), wurde auch hier so verfahren.

Jede Fläche der Kavität wurde in drei Portionen gefüllt, die jeweils nach Applikation 20 s lang polymerisiert wurden. Abschließend wurde nochmal jede Fläche der Füllung 40 s lang bestrahlt, um einen möglichst hohen Polymerisationsgrad zu erhalten (60).

Eine Bildung von Trennlinien zwischen den Schichten wie bei Hellwig et. al. (60) konnte jedoch später am Rasterelektronenmikroskop nicht beobachtet werden.

Auf das Anpressen der Füllung mittels einer Matrize während der Aushärtphase mußte wegen fehlender Nachbarzähne verzichtet werden. Signifikante Unterschiede waren jedoch dadurch nicht zu erwarten (38).

Grobe Überschüsse wurden sofort mit einem Diamanten entfernt. Um negative Einflüsse durch zu frühes Polieren auszuschließen (54), wurden die Kompositfüllungen erst nach einem Tag, genau wie Füllungen der Versuchsgruppe 1, ausgearbeitet (s.Kap 2.5). Analog wurde bei den Versuchsgruppen 3-6 verfahren.

2.3.3 Gluma^R Bonding System und Lumifor^R (Versuchsgruppe 3)

Dieses Dentin Bonding System (Anhang 7.3/14) arbeitet in Abwesenheit der Schmierschicht, die durch EDTA (Ethyldiamintetraacetat), im *Cleanser* enthalten, entfernt wird (72). Sein wichtigster Bestandteil ist im *Primer* enthalten : eine Mischung aus Glutaraldehyd und Hema (Hydroxyethylmethacrylat). Durch die katalytische Wirkung des Glutaraldehyds tritt eine kovalente Bindung des HEMA mit den Hydroxy- (-OH) und Aminoseitengruppen (-NH₂) des Kollagens im Dentin ein (4,89,55). Dabei wird ein Komplex gebildet, der fähig ist, mit der Hydroxy - Gruppe des Methacrylatmonomers zu reagieren (5). Ein positiver Nebeneffekt ist die Fähigkeit, in der Anwesenheit von Feuchtigkeit zu reagieren (74,102). Durch den *Sealer* soll laut Herstellerangaben die Gefahr von Lufteinschlüssen beim Einbringen des lichthärtenden Kunststoff-Füllungsmaterials vermindert werden.

Das verwendete Komposit der gleichen Firma, Lumifor^R (Anhang 7.3/15), enthält u. a. Mikrofüller und zählt zu den Hybridkompositen (80).

Die Vorbereitung und Schmelzätzung erfolgte wie bei Versuchsgruppe 2 (s.Kap. 2.3.2). Die Verarbeitung des Gluma^R Systems untergliedert sich in 8 Schritte und dauert 105 s:

- Dentinreinigung mit dem Gluma^R Cleanser: Ein flüssigkeitsge-

tränktes Pellet diene 30 s lang zum Einreiben in beiden Kästen der Kavität. Auch hier hat laut Herstellerangabe die Kontamination des Schmelzes keinen Einfluß auf die spätere Haftung der Füllung.

- Absprayen der Flächen
- mittels Luftbläser trocknen
- Dentinkonditionierung mit Gluma^R Primer: auftragen und 30 s belassen
- mit dem Luftbläser vom Lösungsmittel befreien. Schmelzflächen dürfen dabei touchiert werden.
- zum Abschluß Gluma Sealer^R auf alle präparierten Schmelz- und Dentinflächen dünn auftragen
- Überschüsse mit dem Luftbläser verteilen
- Komposit Lumifor^R, wie unter Kap.2.3.2 einbringen und aushärten

Überschußentfernung und Politur erfolgten wie bei Versuchsgruppe 2 sofort bzw. nach einem Tag.

2.3.4 Syntac^R und Tetric^R (Versuchsgruppe 4)

Der Dentinhaftvermittler Syntac^R (Anhang 7.3/16) hat keinen speziellen Cleanser. Der Smear Layer wird jedoch durch den relativ hohen Maleinsäuregehalt des Primers aufgelöst und die Dentintubuli werden dabei freigelegt (43). Der *Primer* enthält ein aliphatisches Dimethacrylat (25% TEG-DMA = Triethylenglycol Dimethacrylat) in einer leicht sauren (4% Maleinsäure), wässrigen Aceton-Lösung. Syntac^R *Adhesive* ist eine wässrige Lösung eines Dialdehyds (5% Glutaraldehyd) und eines hydrophoben Dimethacrylats (35% PEG-DMA = Polyethylenglycol Dimethacrylat). Es stellt eine chemische Verbindung zur Zahnhartsubstanz her.

Bei Verwendung von Syntac^R sind sieben Schritte in ca. 80 s

nötig, die sich wie folgt aufgliedern:

- nach Schmelzätzung 15 s lang auftragen des Syntac^R Primer mittels Einmalpinsel
- dünn aus- und dann trockenblasen
- Syntac^R Adhesive aufbringen
- mit Luftstrom trocknen
- Applikation von Helio Bond
- nur kurz dünn ausblasen
- 20 s mit Halogenlampe aushärten

Das lichthärtende Hybridkomposit Tetric^R (Anhang 7.3/17) wurde wie die anderen Komposite verarbeitet.

2.3.5 Pertac^R Universal Bond und Pertac^R Hybrid (Versuchsgruppe 5)

Das hydrophobe Universal Bonding Material (Anhang 7.3/18) stellt über ein spezielles Carbonsäuremethacrylat eine Verbindung zwischen Zahnhartsubstanz und der Matrix eines Komposits her. Dazu dienen auf der einen Seite Carboxylgruppen, auf der anderen eine Methacryleinheit. Dieses System arbeitet ebenfalls ohne Entfernung des Smear Layers. Die Schmierschicht wird penetriert und in die Harzmatrix eingebaut.

Pertac^R Universal Bond stellt bezüglich der Verarbeitung das einfachste System dar. Es sind 3 Schritte und ungefähr 30 s notwendig.

Es wird

- in dünner Schicht in die Kavität gebracht
- mit einem sanften Luftstrom zu einer gleichmäßig dünnen Schicht verteilt

- mit dem Halogenlichtgerät 20 s lang ausgehärtet.

Das Hybridkomposit Pertac^R Hybrid (Anhang 7.3/19) zeichnet sich laut Herstellerangaben durch seinen hydrophoben Charakter aus, ist röntgensichtbar, lichthärtend und enthält einen hohen Anteil an anorganischen Füllkörpern. Es wurde ebenfalls schichtweise appliziert und ausgehärtet.

2.3.6 Säure-Ätz-Technik (Versuchsgruppe 6)

Sechs rein schmelzbegrenzte, mit MOD Kavitäten versehene Zähne wurden unter Anwendung der Säure-Ätz-Technik (SÄT) mit dem Hybridkomposit Pertac^R Hybrid gefüllt. Als niedrig visköses Komposit fand Visio - Bond (Anhang 7.3/7) Verwendung, das nach Auftragen auf die geätzten Schmelzränder und kurzem Ausblasen pro Fläche 20 s lang unter Lichtaktivierung ausgehärtet wurde.

Legen und Ausarbeiten der Füllung wurde in gleicher Weise wie bei den vorherigen Versuchsgruppen ausgeführt.

2.4 Versorgung von Kavitäten mit Keramikinlays nach dem Cerec^R System (Versuchsgruppen 7-10)

2.4.1 Besonderheiten der Kavitäten

Die Präparation, die man zur Herstellung einer Cerec^R-Restauration benötigt, muß die Erfordernisse des optischen Abtastverfahrens (optischer Abruck), der rechnergestützten graphischen Konstruktion und der vollautomatischen Fertigung mit einer Drei-Achsen-Schleifmaschine berücksichtigen (18). Daraus ergeben sich folgende Anforderungen an die Gestaltung der Kavitäten :

- scharfkantig präparierte Kavitätenränder
- ebene, nicht gewölbte Gestaltung des okklusalen Bodens
- gerade oder höchstens konkave Einbuchtung der pulpoaxialen Wände.
- Allgemein sind gerade Kavitätenwände am günstigsten, da bei der Umsetzung des optischen Abdrucks die Eckpunkte des Kavitätenbodens mit den Kavitätenrändern geradlinig verbunden werden.
- Der Kavitätenboden kann rund, ohne Ecken präpariert werden (33).

Zum Nacharbeiten der schon mit Unterfüllung versehenen Kavitäten dienten spezielle Diamantschleifer (Anhang 7.3/20). Genauere Anweisungen sind aus Studien entnehmbar, die sich ausschließlich mit dem Cerec^R System (Anhang 7.3/21) befassen (33,91).

2.4.2 Herstellung der Keramikinlays

Auch an dieser Stelle sei für genaue Auskünfte über Arbeitsweise und Handhabung des Cerec^R Systems auf die Originalarbeit von Mörmann et.al. (91), das Cerec^R Handbuch (18) und andere Untersuchungen über Cerec^R Inlays [9,16,67,70,81,90,92,128) verwiesen.

Das Cerec^R System zählt zu den computergestützten (CAD-CAM = computer-aided-designed and computer-aided-manufactured) (93) Systemen. Es ist für den Einsatz in der Praxis konzipiert und seit 1988 als einziges allgemein verfügbar (67). Das von Mörmann und Brandestini (91) entwickelte System ermöglicht die Versorgung mit gefrästen keramischen Rekonstruktionen, wie Inlays, Onlays oder Veneers in einer Sitzung (91,92).

Zur Inlayherstellung wurden spezielle Feldspatporzellanblöcke (Anhang 7.3/22), die durch industrielle Fertigung eine hochwertige Keramik darstellen, verwendet. Isenberg et. al. (70) konnten im direkten Vergleich keinen Unterschied zwischen der für Cerec^R hergestellten Vita^R - und Dicor^R - Keramik feststellen.

Das Cerec^R System besteht aus einer optoelektronischen dreidimensionalen Kavitätenvermessung, computergestützter Inlaykonstruktion und elektronisch gesteuertem Schleifprozeß. Es wurde die Software C.O.S. 2.0 verwendet. Zur Einarbeitung in das Gerät wurden anfangs 82 Keramikinlays hergestellt. Die für diese Untersuchung eingesetzten 24 Inlays wiesen, nach dem Legen der Füllungen bei 200 - facher Vergrößerung im Rasterelektronenmikroskop gemessen, Spaltenbreiten von durchschnittlich 110 μm (Min 65 μm , Max 171 μm) auf und entsprachen damit Untersuchungen von Rose et.al. (111) mit 118 μm und Isenberg et.al. (70) mit 50-100 μm . Reich et.al. (105) teilten Cerec^R - Inlays zur Untersuchung in Gruppen mit kleinen (200 μm) und großen (400 μm) Fugen ein.

Die Tiefenschärfe der Kamera ist begrenzt, so daß nur Kavitäten versorgt werden können, die einen maximalen Abstand des Kavitätenbodens zur höchsten Höckerspitze von 7 mm nicht überschreiten (9,18,91). Da dies jedoch bei Kästen, die unterhalb der SZG liegen, des öfteren passiert, mußte eine Modifikation eingeführt werden. Es wurden die störenden Höckerspitzen eingekürzt, ohne die Präparationsgrenze zu verändern. Damit steht jedoch fest, daß das Cerec^R System in seiner gegenwärtigen Form nur bedingt für tiefe Präparationen, wie in dieser Studie, indiziert ist.

Eine Messung aller Approximalkästen vom Boden bis zum Übergang Approximal - Okklusalfläche ergab folgende Werte :

	min	max	Mittelwert
Länge in mm	5,0	7,1	6,3

Es lag kein Kasten der 24 mit Inlays versorgten Zähne so tief, daß okklusal die Präparationsgrenze versetzt werden mußte.

Die Okklusalfläche der Cerec^R Inlays entsteht durch lineare Verbindung der Meßpunkte der oralen und vestibulären Präparationsgrenze. Sie wird vor dem Einsetzen der Inlays nicht verändert.

2.4.3 Adhäsive Zementierung der Inlays

Die Dentin- und Schmelzkonditionierung folgte analog den in den Kapiteln 2.3.2 bis 2.3.5 beschriebenen Vorgängen. ScotchbondTM Adhesive, Gluma^R Sealer und Syntac^R Adhesive wurden zusammen mit den Befestigungskompositen nach Einsetzen der Inlays ausgehärtet.

Zunächst erfolgte die Vorbereitung der Keramikinlays. Nach 60 s Anätzen mit Flußsäure (5% HF) (Anhang 7.3/23), Absprayen und Trocknen wurden die Innenflächen silanisiert. Silicoup (Anhang 7.3/24) wurde dazu dünn aufgetragen und unter leichtem Luftstrom trockengeblasen.

Hickel et.al. (64) zeigten, daß die Durchhärttiefe bei Keramikinlays abhängig von Farbe und Schichtdicke der Inlays ist und empfiehlt deshalb die Verwendung dualer Systeme.

Die Inlays der Versuchsgruppen 7-9 wurden mit Dual Cement (Kap.

7.2/25) eingesetzt. Dies ist ein röntgenopaker, licht- und selbsthärtender Zweikomponentenkunststoff auf Isosit-Basis (= homogener, mikrogefüllter, vernetzter Kunststoff ohne Polymerfüller). Die zwei Komponenten, *Base* und *Catalyst*, wurden 20 s lang auf einer Glasplatte im Verhältnis 1:1 verspatelt und in die Kavität eingebracht. Zwei Millimeter vor Erreichen der definitiven Position konnten Überschüsse entfernt werden. Nachdem das Inlay in seine endgültige Position geschoben und mit einer Pinzette unter leichtem Druck fixiert war, wurde jede Seite 40 s lang mit einer Polymerisationslampe (Anhang 7.3/8) ausgehärtet.

Bei Versuchsgruppe 10 fand das Befestigungskomposit Sono-Cem^R 2 (Anhang 7.3/26) Verwendung. Es ist ein aus Pertac^R entwickeltes Hybridkomposit, ist hydrophob und zeichnet sich durch seine Thixotropie aus. Sono-Cem^R 2 hat nach dem Anmischen eine zähe, marzipanartige Konsistenz. Es wurde in drei Portionen in die Kavität gebracht. Mittels Ultraschallgerät (Anhang 7.3/27) und speziellem Ansatz wird die Viskosität des Befestigungskomposits während der Einwirkungszeit verändert und das Inlay gleitet ganz leicht in die Kavität.

Wie bei Versuchsgruppen 7-9 erfolgte die Überschußentfernung kurz vor dem Erreichen der definitiven Position. Anschließend wurde das Inlay in seine endgültige Position gebracht. Die Aushärtphasen betrugen ebenfalls 40 s pro Fläche.

Die Ergebnisse der Spaltuntersuchung für Cerec^R-Inlays der Versuchsgruppe 11 (SÄT, Tab. 1) stammen von einem anderen Behandler (33). Präparations- und Füllungstechnik, Replikaherstellung, Thermowechellast und rasterelektronische Analyse waren identisch und erfolgten an denselben Geräten. Als Befestigungszement wurde dabei der dualhärtende, röntgenopaque Zweikomponenten-Komposit Microfill-pontic C^R (Anhang 7.3/29) verwendet.

2.5 Ausarbeitung der Füllungen

Nach abgeschlossener Polymerisation wurden die Füllungen unter Wasserkühlung ausgearbeitet. Mit Ausnahme der mit Cerec^R-Inlays gefüllten Zähne wurde zunächst mit einem birnen- und einem flammenförmigen Finierdiamanten (Anhang 7.3/30) okklusal konturiert und finiert. Die Politur erfolgte approximal und okklusal unter Sichtkontrolle mit flexiblen Discs (Anhang 7.3/ 31) von abnehmender Rauigkeit.

In Abweichung zu klinischen Verhältnissen war der proximale Zugang nicht durch Nachbarzähne versperrt. Überschüsse sollten vermieden werden, um den Prozentsatz an beurteilbarem Füllungsrand möglichst groß zu halten. Relativ große Anteile an dem Kriterium "Überschuß" bei der Randanalyse wurden in anderen Studien (16,33,42,48,87) beobachtet.

Die Ausarbeitung der Okklusalfäche der Cerec^R-Inlays wurde auf die Entfernung von Überschüssen des Befestigungszementes beschränkt, da häufig durch das Fehlen von Höckerspitzen (s.Kap. 2.4.2) eine Rekonstruktion funktioneller Kauflächen von vornherein nicht mehr möglich war.

Um vor und nach Thermocycling die Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurden an den Übergängen von Okklusal- zu Approximalfläche "Übergangsmarkierungen" angelegt. Durch Einfräsen mit einem Diamanten im Bereich der Klebefuge waren sie bei allen Füllungen eindeutig angelegt (Anhang 7.2.3, Bild 2).

2.6 Replikaherstellung

Die Füllungen sollten vor und nach einer Thermowechselbehandlung (s.Kap. 2.7) untersucht werden, um die thermische Belastung von Füllungen in vivo besser einschätzen zu können. Bei der Beurteilung mittels Rasterelektronenmikroskop (Anhang 7.3/32) müssen die Füllungen trocken sein und sind einem Vakuum ausgesetzt. Dabei können artifizielle Spalten entstehen (126). Deshalb wurden statt der Originale sogenannte Replikas verwendet.

Dazu wurden die Proben kurz an den Approximalflächen abgesprayed, mit einem Baumwollfrottiertuch gründlich abgewischt und mit dem Luftbläser trockengeblasen. Zwischen sechs und acht Zähne wurden bei jedem Anmischvorgang mit einer Approximalfläche parallel zur Tischplatte in das Abformmaterial gedrückt.

Es standen nach 30 s Anmischzeit auf dem Anmischblock 2 min 30 s Verarbeitungszeit zur Verfügung. Nach Herstellerangaben können Abdrücke bis zum Ausgießen bei Raumtemperatur, trocken und in Dunkelheit bis zu sieben Tage aufbewahrt werden. In drei verschiedenen Methoden gelangte das hochzeichnende Polyäther-Gummi-Abformmaterial Permadyne^R (Anhang 7.3/33) in Vorversuchen zur Anwendung:

- Um den nötigen Anpressdruck zu erreichen, wurden anfänglich Zweiphasenabdrücke mit Permadyne^R orange (feste Konsistenz) als Vorabdruck und Permadyne^R blau (dünne Konsistenz) (Anhang 7.3/33) als Korrekturabdruck hergestellt.
- Diese zeitintensive Methode wurde durch eine einfachere ersetzt. Permadyne^R blau, direkt mit einem Anmischspatel auf die Füllung gepresst und anschließend in die zylindrische mit Abdruckmasse gefüllte Form gegeben, ergab qualitativ gleiche Ergebnisse.
- Teilweise kam auch ein automatisches Anmischsystem (Anhang 7.3/36) zur Anwendung. Bei einer stichprobenartigen Kon-

trolle dieser Replikas erwiesen sich jedoch einige bei 200-facher Vergrößerung im REM als unscharf und mußten wiederholt werden (Kap. 4.3, Bild 10+11). Eventuell lag dies nur an einer insuffizienten Charge. Daraufhin wurden alle Replikas an einem Lichtmikroskop bei 20-facher Vergrößerung auf ihre Abbildungsschärfe kontrolliert und gegebenenfalls wiederholt. Als Konsequenz wurde nur noch nach der zweiten oben beschriebenen Methode verfahren. Die Gründe für das Mißlingen des automatischen Anmischsystems wurden nicht weiter verfolgt.

Die Abformungen wurden im Anschluß mit dem Epoxidharz Araldit auf einem Rüttler (Anhang 7.3/34,35) ausgegossen. Das Gießharz wurde mittels Goldwaage (Anhang 7.3/37) im Gewichtsverhältnis 4:1 mit dem Härter und zur Erhöhung der Fließfähigkeit in einem 40°C warmen Wasserbad angemischt. Die Replikas härteten im Dunkeln bei Raumtemperatur 24 h lang aus, um dann aus der Abformmasse entfernt zu werden. Wird zu lange damit gewartet, löst sich das Permadyne^R schwer vom Araldit.

Die für die rasterelektronische Untersuchung benötigte elektrisch leitende Oberfläche wurde durch Besputtern mit Gold (Anhang 7.3/38) erreicht.

Der Zeitabstand zwischen dem Legen einer Füllung und der Abdrucknahme variierte zwischen 1 Monat für Versuchsgruppen 1-6 und 5-7 Monaten für Versuchsgruppen 7-10 und alle VG nach Thermocycling. Der Abstand war für manche Proben größer, weil einige Replikas bis zu 5 mal wiederholt werden mußten.

Die durch Wasserresorption eingetretenen Veränderungen am Füllungsrand sind nach Hansen et.al. (57) und Braden et.al. (15) in den ersten sieben Tagen am größten und nach einem Monat nur noch minimal. Damit dürfte die unterschiedlich lange Lagerzeit vor der Abformung keinen Einfluß auf vorhandene Randspalten haben.

2.7 Temperaturwechselbelastung (Thermocycling)

Alle Füllungen wurden in einer Thermocycling-Maschine (114) mit 500 Zyklen bei einer Verweildauer von jeweils 30 s in Wechselbädern mit $5 \pm 2^\circ\text{C}$ und $55 \pm 2^\circ\text{C}$ eingetaucht. Die Transferzeit zwischen den mit Ringerlösung gefüllten Becken betrug 12 s. Diese Werte sind mit vielen anderen Untersuchungen vergleichbar (23, 31, 39, 40, 43, 44, 75, 78, 84, 110, 117, 132).

Auf eine Kausimulation, wie bei Darbyshire et.al. (23), Bronwasser et.al. (16), Reinhardt et.al. (106), Hannig et.al. (48) oder Lundin et.al. (87) wurde bewußt verzichtet, da nur die Haftung der DBA unter Thermolast bzw. Hydrolyse interessierte. Komposite und Keramik haben unterschiedliche Elastizitäts- oder Young'sche Module. Nach Lambrechts et.al. (83) variiert das Young'sche Modul der Komposite zwischen $7,7 \cdot 10^3$ MPa und $2,5 \cdot 10^3$ MPa und steigt mit dem Füllergehalt (77, 90, 83). Je höher der Wert, desto rigider werden die Komposite, so daß sie sich unter okklusaler Kraft kaum noch verformen. Dagegen wird das Elastizitätsmodul von Keramik mit $70,3 \cdot 10^3$ MPa angegeben (62). Durch unterschiedliche Dämpfungsverhalten von Komposit und Keramik werden bei Kausimulation Kräfte unterschiedlich auf die approximale Klebefuge weitergegeben (79).

2.8 Qualitative und quantitative Randanalyse

2.8.1 Bewertungskriterien

Die Füllungsråder wurden im Rasterelektronenmikroskop (=REM) bei 200-facher Vergrößerung ausgewertet. Für die qualitative Analyse der Übergänge zwischen Füllung und Zahn werden folgende Kriterien festgelegt :

- A: perfekter Rand
- B: Überschuß
- C: Unterschuß
- D: Randspalt
- E: Schmelz- und Keramikrandfraktur
- F: Risse in der Klebefuge (nur bei Versuchsgruppen 7-10)
- G: nicht beurteilbar

Im Anhang sind in Bildern Beispiele für die einzelnen Kriterien (Anhang 7.2.3, Bild 1-9), Veränderungen durch Thermocycling, Fehlerquellen und Besonderheiten bei Dentinadhäsiven (Kap. 4.3, Bild 10-16) dargestellt. Die verschiedenen Übergänge zwischen Zahn, Komposit, Kleber oder Inlay wurden getrennt betrachtet, so daß folgende Einteilung (s.a.Abb. 1-4, S.85 f) festgelegt wurde:

Bei Versuchs-

gruppen 1-5 :	Übergang von Schmelz zu Komposit	= Kurve 1
	Übergang von Dentin zu Komposit	= Kurve 3

Bei Versuchs-

gruppe 6 :	Übergang von Schmelz zu Komposit	= Kurve 1
------------	----------------------------------	-----------

Bei Versuchs-

gruppen 7-10 :	Übergang von Schmelz zu Kleber	= Kurve 1
	Übergang von Kleber zu Inlay	= Kurve 2
	Übergang von Dentin zu Kleber	= Kurve 3
	Übergang von Kleber zu Inlay	= Kurve 4

Bei Versuchs-

gruppe 11 :	Übergang von Schmelz zu Kleber	= Kurve 1
	Übergang von Kleber zu Inlay	= Kurve 2

Jede Approximalfläche wurde als einzelner Fall betrachtet. Nachdem bei kleinerer Vergrößerung ein Überblick geschaffen war, wie das Replika in der Probekammer des REM liegt, wurde bei 200-facher Vergrößerung von einer Übergangsmarkierung (s.Kap. 2.5) zur anderen ausschnittsweise der Übergang bewertet.

2.8.2 Quantigap^R

Um den gesamten Füllungsrand quantitativ zu analysieren, wurde jeder Bildausschnitt bei 200-facher Vergrößerung auf einem PC digitalisiert und mit Hilfe von Quantigap^R (Anhang 7.3/39) vermessen. Vor Benutzung des Programms fand jeweils eine Eichung statt, so daß nicht nur Aussagen über die prozentuale Verteilung der Kriterien A-G gemacht werden konnten, sondern auch über die tatsächlichen Längen und Breiten der Übergänge. Nach Abschluß der Analyse eines Bildausschnittes konnte der nächste nahtlos angefügt werden, indem ein kleiner Bildausschnitt mit dem Ende der Vermessungslinie gespeichert wurde. Dieser Bildausschnitt wurde dann über die gleiche Stelle des neu digitalisierten Ausschnittes projiziert. Dies ist besonders leicht durchzuführen, wenn man den letzten Meßpunkt nahe einer markanten Stelle setzt. Man braucht auf diese Weise 18-22 Bildausschnitte von einer Übergangsmarkierung zur anderen (Abb. 2.8.2 unten).

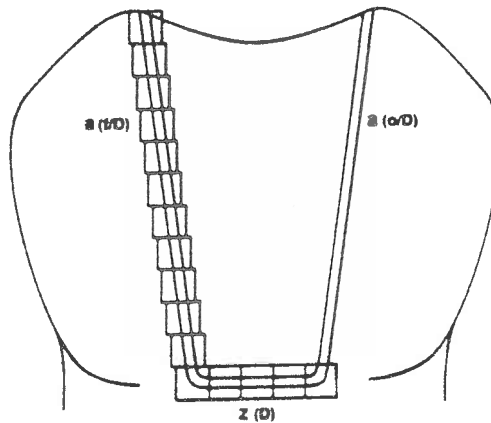


Abb. 2.8.2: Darstellung der Bildausschnitte am REM bei Blick auf die Approximalfläche, aus Krejci et.al. (77)

Näheres über die Arbeitsweise des Programmes sind der Arbeit von Eberhard et. al. (33) oder dem Handbuch zu entnehmen.

2.9 Statistische Auswertung mittels SPSS

Zur statistischen Auswertung diente die SPSS/PC Version 3.0^R. Es wurden folgende Variablen definiert :

Variable Vorbehandlung:	1 = Ketac ^R Silver
	2 = Scotchbond 2 TM
	3 = Gluma ^R
	4 = Syntac ^R
	5 = Pertac ^R Universal Bond
	6 = Schmelz - Ätz - Technik
Variable Füllstoff:	1 = plastische Kompositfüllung
	2 = Keramikinlay
Variable Thermocycling:	0 = vor Thermocycling
	1 = nach Thermocycling
Variable Kurve:	1 - 4
Variable Kriterium:	A - G

Folgende statistischen Testverfahren fanden Verwendung :

1. Der *Mann-Whitney-U-Test* prüft auf der Basis der Rangordnungen, ob zwei unabhängige Stichproben derselben Grundgesamtheit angehören. Er gilt auch für kleine Stichproben und findet deshalb hier Anwendung (120) (Variable Füllstoff und Vorbehandlung).
2. Die *Ein-Weg-Rang-Varianzanalyse nach Kruskal und Wallis* prüft, ob eine Anzahl unabhängiger Stichproben aus derselben Population stammen. Es wird untersucht, ob sich die durchschnittlichen Rangzahlen für Gruppen ordinal skalierter Variablen unterscheiden (Variable Vorbehandlung). Um Aufschluß über die Signifikanz der Unterschiede zweier Stichproben zu erlangen, wurde immer jeweils der *Mann-Whitney-U-Test* angewendet.

3. Der *Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test* prüft für zwei abhängige Stichproben mit ordinal skalierten Werten, ob die positiven und negativen Rangunterschiede voneinander abweichen. Es handelt sich hier um einen nichtparametrischen Test (104) (Variable Füllstoff).
4. Der *t - Test* ermöglicht auch für verbundene Stichproben mit hoher Genauigkeit einen parametrischen Vergleich der Mittelwerte (115) (Variable Thermocycling).

3 Ergebnisse

3.1 Übersicht

Mit dem Kriterium A wird ein Überblick über die Randqualität unter Einfluß sämtlicher Faktoren wie Ausarbeitung, Eigenschaften des Füllungsmaterials, Haftmechanismus, Replikatechnik oder Thermowechsellast gewonnen. Der Prozentanteil an Randspalt hingegen bezieht sich ausschließlich auf die Interaktion der Zahnhartsubstanz mit den eingebrachten (Füllungs-) Materialien. Da diese beiden Kriterien am häufigsten auftreten bzw. am meisten interessieren, bezieht sich die Auswertung in den folgenden Abschnitten auf diese Punkte.

Die Kriterien B "Überschuß", C "Unterschuß" und G "nicht beurteilbar" beinhalten behandlerspezifische Größen :

- wenn Überschuß beim Polieren nicht erkannt wird
- wenn Unterschuß durch zu wenig Material oder zu geringen Stopfdruck erzeugt wird
- wenn bei Replikatechnik Artefakte entstehen :
 z.B. Luftblasen in Permadyne^R
 Luftblasen in Araldit^R
 mangelhafte Besputterung
- wenn der Rand durch tiefe Schleifspuren nicht beurteilbar ist.

Werkstoffspezifische Größen, wie z. B. Porositäten oder Auswaschungen beim Polieren, sind in Kriterium C mit erfaßt.

Kriterium E "Schmelzriß / Keramikrandfraktur" und F "Risse in Klebefuge" beschreiben die Auswirkungen der thermischen - und der Polymerisationskontraktion und waren die Kriterien mit der geringsten Häufigkeit, wie Tab. 3.1 deutlich macht. Ebenso hatte Kriterium G mit einer Incidenz von 0,38 % einen geringen Einfluß auf das Gesamtbild der Randanalyse.

	Kriterium E	Kriterium F	Kriterium G
Anzahl der Messungen:	7	3	44
Messungen insgesamt	960	384	960
Anteil an Gesamtmessungen	0,73 %	0,78 %	4,58 %
durchschnittlicher Wert	3,14 %	5,04 %	8,18 %
Anteil am Füllungsrand insgesamt	0,02 %	0,04 %	0,38 %

Tab. 3.1: Incidenz der Kriterien E (Schmelzriß/Keramikrandfraktur), F (Risse in Klebefuge) und G (nicht beurteibar)

Bei den häufiger vorkommenden Kriterien B und C ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den VG und vor und nach Thermocycling.

3.2 Einfluß des Thermocycling

Hier soll die Veränderung der Randqualität ein und derselben VG durch den Einfluß der Thermowechselast beschrieben werden. Alle elf Versuchsgruppen wurden bezüglich der Kriterien "perfekter Rand" und "Randspalt" über - und unterhalb der SZG verglichen.

Es wurde der t - Test für verbundene Stichproben herangezogen.

Plastische Füllungen

Bei den VG 1-6 in Schmelz und Dentin kam es stets zu einer nicht signifikanten Abnahme an perfektem Rand, sowie Zunahme an Randspalt nach TWL (Anlage 1-4).

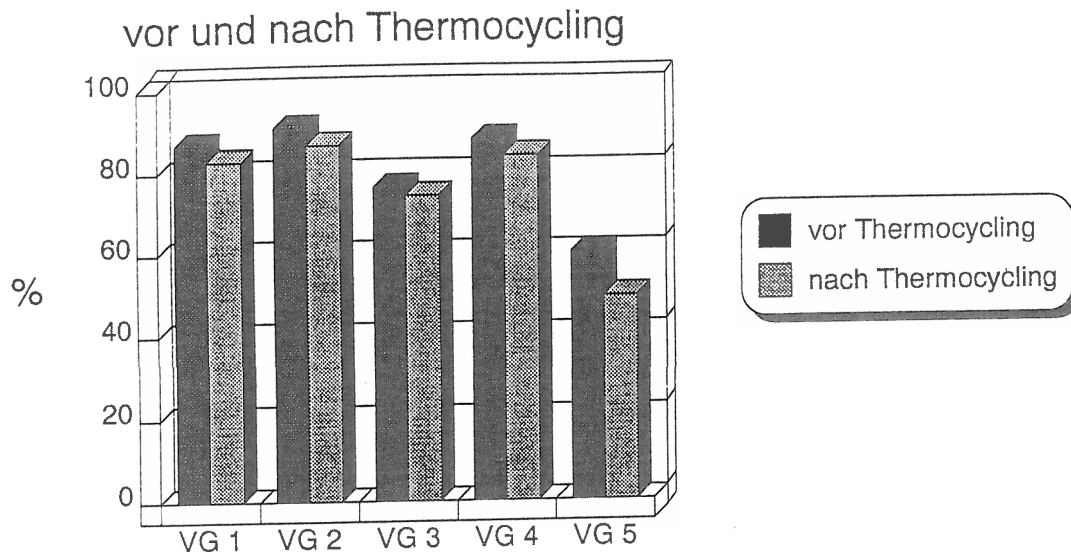
Keramikinlays

Bei den VG 7-11 lassen sich bei VG 9 und 9* (Erklärung s.Kap. 3.3.2b) im Schmelz und bei VG 7,8 und 10 im Dentin kontroverse Entwicklungen erkennen (Anlage 5ab - 8ab).

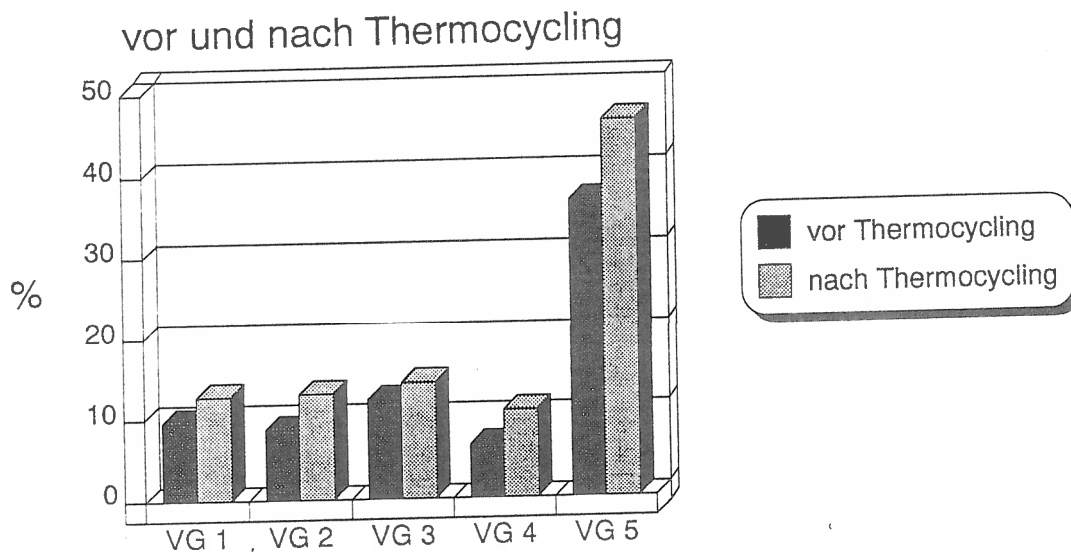
VG 9 und 9* wiesen nach Thermocycling mit 98,32 % um 0,09 % bzw. mit 99,10 % um 0,07 % vernachlässigbar mehr perfekten Randanteil im Schmelz auf (Anlage 5ab). Bei VG 7 und 8 waren mit 2,60 % auf 2,14 % bzw. 0,89 % auf 0,87 % geringe und bei VG 10 mit 38,64 % auf 35,06 % schon höhere Abnahmen an Randspalt nach TWL im Dentin zu erkennen (Anlage 8ab).

Bei den Inlaygruppen fiel die VG 11 im Schmelz bezüglich perfektem Rand und Randspalt auf. Diese Ergebnisse können jedoch nicht in die allgemeinen Überlegungen mit einbezogen werden, da wie erwähnt, diese Füllungen durch einen anderen Behandler hergestellt und bewertet wurden.

Signifikante Werte vor und nach Thermocycling ergaben sich nur bei VG 5 mit einer Abnahme an perfektem Rand und Zunahme an Randspalt im Dentin (Anlage 3ab + 4ab, Tab. 3.2.1 und 3.2.2).



Tab. 3.2.1: **Perfekter Rand** bei plastischen Füllungen (VG 1-5) am Übergang von Dentin zu Füllung (Kurve 3A)



Tab. 3.2.2: **Randspalt** bei plastischen Füllungen (VG 1-5) am Übergang von Dentin zu Füllung (Kurve 3A)

Insgesamt betrachtet kann festgehalten werden, daß der Einfluß der TWL größere negative Auswirkungen auf den Übergang Füllung - Zahn bei den plastischen Füllungen im Dentin hatte (Anlage 3ab + 4ab), als bei Keramikinlays (Anlage 7ab + 8ab).

Im Schmelz hatte die TWL so gut wie keinen Einfluß auf die Randqualität (Anlage 1ab + 2ab + 5ab + 6ab).

3.3 Einfluß der Oberflächenkonditionierung

Die Versuchsgruppen 1-6 und 7-11 wurden bezüglich der Kriterien perfekter Rand und Randspalt im Schmelz und Dentin vor und nach Thermocycling miteinander verglichen.

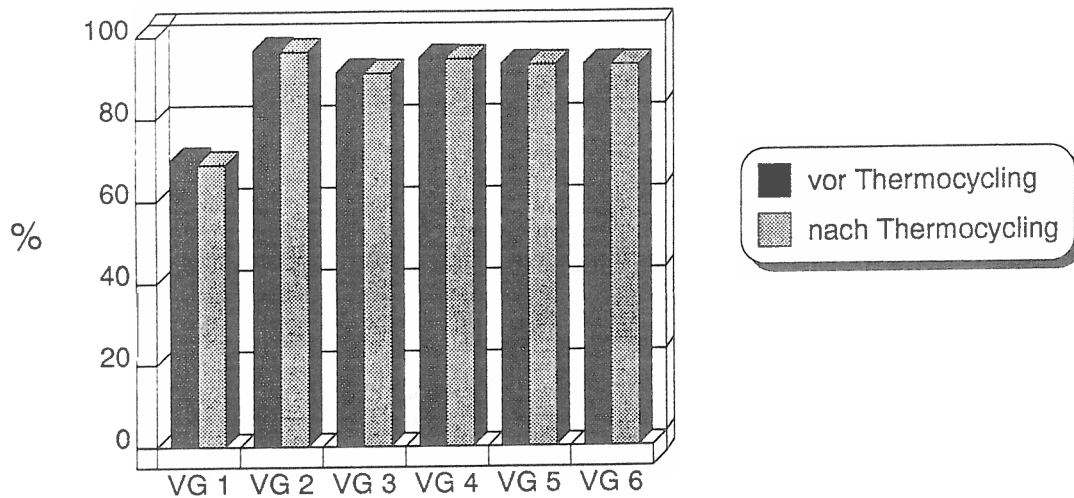
Mit der Kruskal-Wallis-Ein-Weg-Varianzanalyse und dem paarweisen Vergleich mittels Mann-Whitney-U-Test wurden die Unterschiede der Mittelwerte der verschiedenen Kriterien auf Signifikanz überprüft.

3.3.1 Plastische Füllungen (VG 1-6)

a) Schmelzbegrenzte Kavitätenränder

Hinsichtlich des Kriteriums perfekter Rand im Schmelz ergaben sich vor Thermocycling signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppe der plastischen Füllungen bei VG 1 (Ketac^R Silver) und 6 (SÄT). Ketac^R Silver wies mit 70,13 % perfektem Rand auffallend von den eng beieinanderliegenden VG 2-6 mit 91,30 - 96,71 % ab. VG 6 war signifikant besser als VG 3 und schlechter als VG 2 (Anlage 1bc).

Nach Thermocycling (Anlage 1bd) fielen nur noch signifikant schlechtere Ergebnisse der VG 1 (69,03 %) auf (Tab. 3.3.1.1).



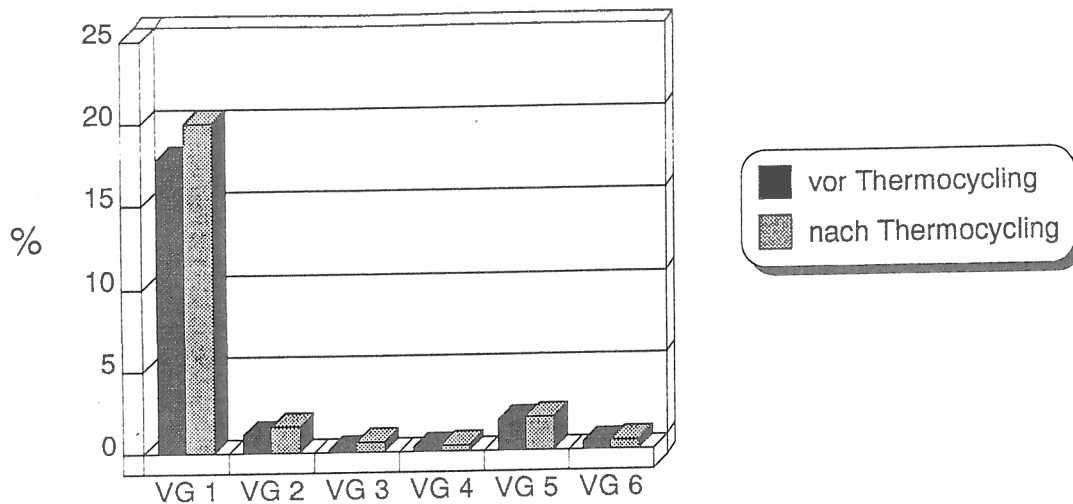
Tab. 3.3.1.1: **Perfekter Rand** bei plastischen Füllungen (VG 1-6) am Übergang von Schmelz zu Füllung (Kurve 1A)

Der Randspalt ergab sich mit abnehmender Häufigkeit in folgender Reihenfolge der VG: 1>5>2>6>4>3, wobei VG 2-6 wieder mit 0,16 % - 1,87 % dicht beieinander lagen. Dennoch ergaben sich zwischen VG 1 mit 17,82 % zu allen anderen VG, VG 5 zu 3,4 und 6 und VG 2 zu 3 signifikante Unterschiede (Anlage 2bc).

Nach Thermocycling änderte sich die Reihenfolge bezüglich des Prozentanteils an Randspalt im Schmelz folgendermaßen : VG 1>5>2>3>6>4, d.h., daß die verschiedenen Systeme unterschiedlich stark durch Thermocycling beeinflusst wurden.

Der Prozentanteil an Randspalt erhöhte sich bei Ketac^R Silver sogar auf 20 %, bei den restlichen VG auf 0,75 % - 2,03 % (Anlage 2bd).

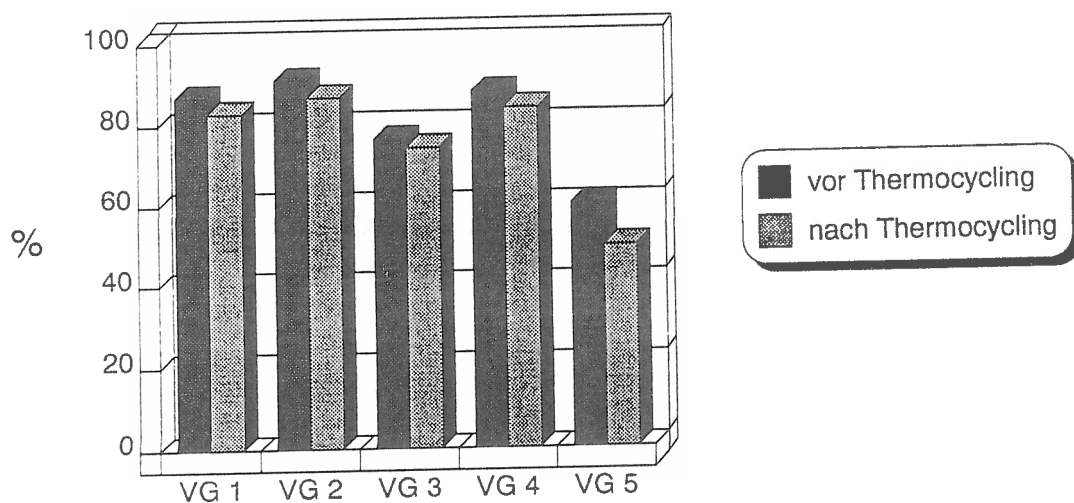
Es ergaben sich ebenfalls signifikante Unterschiede, wie z.B. zwischen VG 2 (1,01 %) und VG 6 (0.57 %), die jedoch sehr klein waren (Anlage 2bd, Tab. 3.3.1.2).



Tab 3.3.1.2: **Randspalt** bei plastischen Füllungen (VG 1-6) am Übergang von Schmelz zu Füllung (Kurve 1D)

b) Dentinbegrenzte Kavitätenränder

Im Dentin, also unterhalb der Schmelz - Zement - Grenze ist die abfallende Reihenfolge VG 2>4>1>3>5 bezüglich perfektem Rand, wobei VG 3 mit dem sonst guten Abschneiden hier auffällt (Anlage 3bc). Es waren viele signifikante Unterschiede zu finden: VG 5 mit 1,2,4 und VG 3 mit 1,2,4.



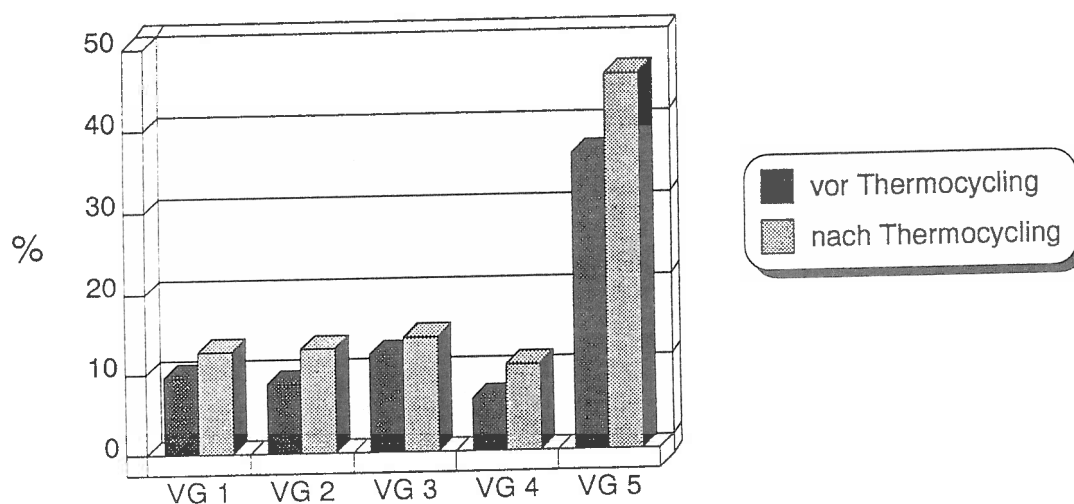
Tab. 3.3.1.3: **Perfekter Rand** bei plastischen Füllungen (VG 1-5) am Übergang von Dentin zu Füllung (Kurve 3A)

Nach Thermocycling setzte sich VG 5 mit nur 49,35 % noch weiter ab und war signifikant schlechter als alle anderen Versuchsgruppen (86,80 % - 74,32 %). Keine signifikanten Unterschiede waren hingegen bei VG 1+3 und 4+3 zu erkennen (Anlage 3bd, Tab. 3.3.1.3).

Bei einem Vergleich der Kurve 3 bezüglich anderer Kriterien fiel auf, daß die VG 1,2,4 und 5 zwischen 0,00 % und 2,61 % Überschuß, VG 3 jedoch 6,16 % Überschuß aufwiesen.

Das wohl interessanteste Kriterium für diese Arbeit ist der Randspalt zum Dentin. Hier traten VG 1-4 mit 6,57 % bis 12,21 % relativ geschlossen gegenüber VG 5 mit 36,62 % auf. So war auch nur letztere Gruppe signifikant verschieden von allen anderen (Anlage 4bc).

Daran änderte auch die Thermowechselast nichts (Anlage 4bd, Tab. 3.3.1.4).



Tab. 3.3.1.4: **Randspalt** bei plastischen Füllungen (VG 1-5) am Übergang von Dentin zu Füllung (Kurve 3D)

3.3.2 Keramikinlays (VG 7-11)

a) Schmelzbegrenzte Kavitätenränder

Bei der Varianzanalyse der mit Keramikinlays versorgten VG 7-11 muß beachtet werden, daß VG 11 zwar unter identischen Bedingungen, jedoch mit einem anderen Befestigungskomposit (Microfill-Pontic-C^R) und von einem anderen Behandler ausgeführt wurde. So wies diese Versuchsgruppe mit 81,69 % perfektem Rand im Schmelz gegenüber den anderen VG, die zwischen 95,11 % und 99,03 % ohne signifikante Unterschiede lagen, signifikant schlechtere Ergebnisse auf (Anlage 5bc).

Dieses Bild wurde durch Thermocycling noch deutlicher ausgeprägt (Anlage 5bd).

Analog verhielt es sich bezüglich des Randspaltes im Schmelz, der bei VG 7-10 0,00 % bis 0,27 % und bei VG 11 6,08 % vor Thermocycling betrug (Anlage 6bc).

Thermocycling bewirkte auf das Kriterium D ebenfalls keine Veränderung zwischen den Versuchsgruppen (Anlage 6bd).

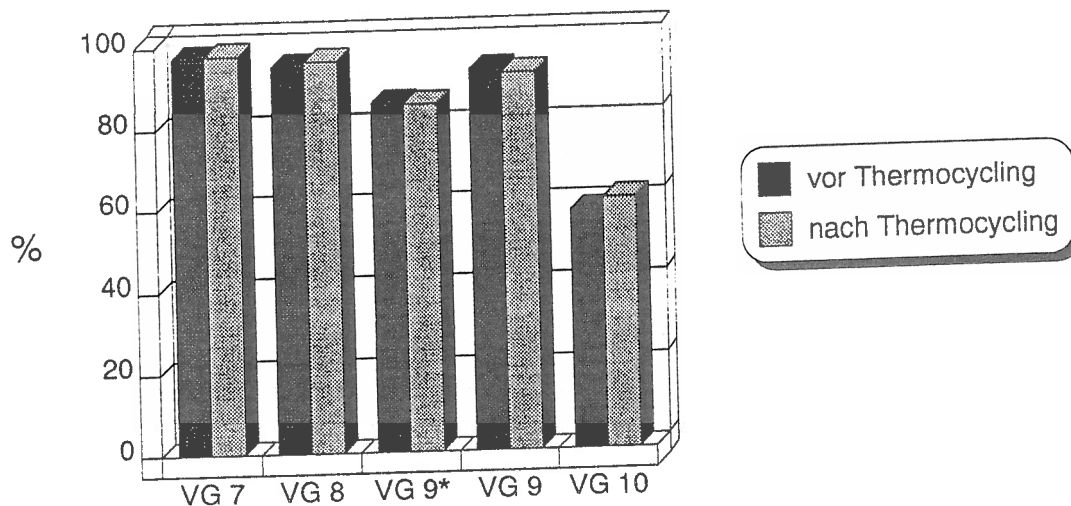
Abb. 29 (S. 94) zeigt die grundlegend anderen Ergebnisse der VG 11 nach der qualitativen und quantitativen Randanalyse am REM. Die Anteile an Kriterien B,D,E,F und G fielen viel höher aus, als an den Schmelzrändern der VG 7-10.

b) Dentinbegrenzte Kavitätenränder

Unterhalb der SZG bestand zwischen den DBA-Gruppen 7-9 mit 92,61 % (85,60 % mit "Ausreißen" bei VG 9* s.u.) bis 97,04 % perfektem Rand kein signifikanter Unterschied. Signifikant schlechter bewährte sich die Schmelzhaftvermittlergruppe 10 mit nur 58,17 % perfektem Rand gegenüber den anderen drei Versuchsgruppen (An-

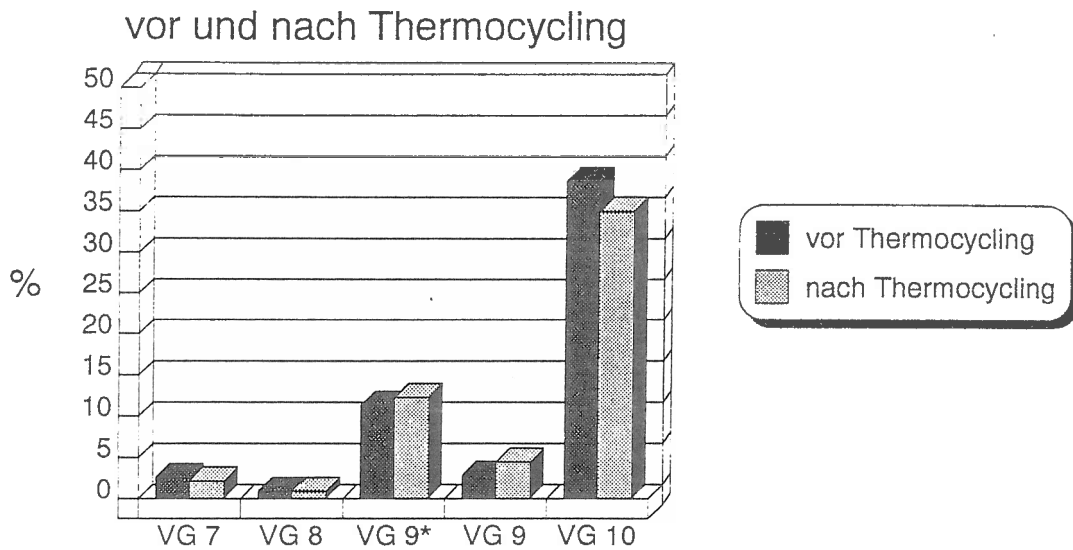
lage 7bc).

Nach Thermocycling änderte sich nichts an der Verteilung signifikanter Werte (Anlage 7bd, Tab. 3.3.2.1).



Tab. 3.3.2.1: Perfekter Rand bei Inlays (VG 7-10) am Übergang von Dentin zu Befestigungskomposit (Kurve 3A)

Der Anteil an Randspalt war bei VG 10 mit 38,64 % wieder signifikant höher als bei VG 7-9, die sich nicht vor (Anlage 8bc), jedoch nach Thermocycling (Anlage 8bd) signifikant unterscheiden. Auch VG 9 wies dann mit 12,31 % signifikant mehr Randspalt auf als VG 8 mit 0,87 % (Tab. 3.3.2.2).



Tab. 3.3.2.2: **Randspalt** bei Inlays (VG 7-10) am Übergang von Dentin zu Befestigungskomposit (Kurve 3D)

Die genaue Untersuchung der Daten ergab bei VG 9 zwei "Ausreißer" mit 51,03 % und 52,17 % Randspalt an zwei verschiedenen Zähnen und wurde daraufhin zu VG 9* umbenannt. Die anderen 10 Fälle dieser VG wiesen Werte zwischen 0,00 und 17,7 % auf und werden fortan als VG 9 bezeichnet. Eine Auswertung dieser modifizierten Versuchsgruppe ergab mit 4,46 % nach Thermocycling (Anlage 8bd) keinen signifikanten unterschiedlichen Randspalt mehr zu den anderen DBA-Gruppen (VG 7+8). Mit 92,61 % perfektem Rand waren die Füllungen dieser Versuchsgruppe mit den anderen DBA-Gruppen dann auch vergleichbar.

3.4 Einfluß der Füllungstechnik

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluß zweier verschiedener Füllungstechniken, direkte Kompositfüllungen und Keramikinlays, auf die Vorbehandlung von Dentin- und Schmelzflächen mit Dentinadhäsiven (Scotchbond 2™, Gluma^R, Syntac^R) bzw. Schmelzhaftvermittlern (Pertac^R UB) zu untersuchen (Tab. 1). Deshalb wurden bezüglich der Kriterien perfekter Rand und Randspalt ober - und unterhalb der SZG folgende Versuchsgruppenpaare im Mann-Whitney-U-Test miteinander verglichen:

VG 2 mit VG 7
 VG 3 mit VG 8
 VG 4 mit VG 9
 VG 5 mit VG 10
 VG 6 mit VG 11

Die Ergebnisse sind übersichtshalber in vier Tabellen zusammengefaßt, wobei den Symbolen folgende Bedeutung zukommt :

x = Veränderung

x = **signifikante** Veränderung

* = mit "Ausreißern" in VG 9, wie schon in Kap. 3.3.2b beschrieben; wenn fett, dann signifikant

Veränderungen durch Verwendung von Inlays	VG 2+7		VG 3+8		VG 4+9		VG 5+10		VG 6+11
im Schmelz/Dentin	S	D	S	D	S	D	S	D	S
Verbesserung		x	x	x	x*	x	x		
Verschlechterung	x					*		x	x

Tab. 3.4.1: perfekter Rand vor Thermocycling

(Verbesserung = mehr perfekter Rand)

Veränderungen durch Verwendung von Inlays	VG 2+7		VG 3+8		VG 4+9		VG 5+10		VG 6+11
im Schmelz/Dentin	S	D	S	D	S	D	S	D	S
Verbesserung Verschlechterung	x	x		x	x*	x	x	x	x

Tab. 3.4.2: Randspalt vor Thermocycling
(Verbesserung = weniger Randspalt)

Veränderungen durch Verwendung von Inlays	VG 2+7		VG 3+8		VG 4+9		VG 5+10		VG 6+11
im Schmelz/Dentin	S	D	S	D	S	D	S	D	S
Verbesserung Verschlechterung		x	x	x	x*	x*	x	x	x

Tab. 3.4.3: perfekter Rand nach Thermocycling
(Verbesserung = mehr perfekter Rand)

Veränderungen durch Verwendung von Inlays	VG 2+7		VG 3+8		VG 4+9		VG 5+10		VG 6+11
im Schmelz/Dentin	S	D	S	D	S	D	S	D	S
Verbesserung Verschlechterung	x	x	x	x	x*	x	x	x	x

Tab. 3.4.4: Randspalt nach Thermocycling
(Verbesserung = weniger Randspalt)

3.4.1 vor Thermowechselbelast

Aus den Tabellen ist zu entnehmen, daß vor Thermocycling (s.a. Abb. 5-16) neben signifikanten Unterschieden (bessere Ergebnisse) auch nichtsignifikante Unterschiede in beide Richtungen (Abnahme an perfektem Rand und Zunahme an Randspalt) durch die Verwendung von Keramikinlays eintraten.

In Zahlen betrug die Verschlechterung hinsichtlich perfektem Rand im Schmelz zwischen VG 2 und 7 1,60 % (von 96,71 % auf 95,11 %) und im Dentin zwischen VG 5 und 10 2,01 % (von 60,18 % auf 58,17 %).

Eine *signifikante* Erhöhung des perfekten Randes durch Inlays zeigte sich im Schmelz zwischen den VG 5 und 10 um 4,95 % (von 93,11 % auf 98,06 %) (Abb. 9) und im Dentin zwischen VG 3 und 8 um 16,49 % (von 76,40 % auf 94,89 %) (Abb. 6).

Die signifikante Verbesserung zwischen VG 4 und 9* um 4,40 % von 94,63 % auf 99,03 % erwies sich ohne die in Kapitel 3.3.2 erwähnten zwei "Ausreißer" als nicht mehr signifikant (Abb. 7,8).

Ein Vergleich der VG 6 und 11, wo beide Male nur mit SÄT gearbeitet wurde, ergab mit Inlays stets eine signifikante Verschlechterung der Füllungsrandqualität (die Verfälschung dieser Resultate durch den Einfluß eines anderen Behandlers wurde oben schon angesprochen) (Abb. 10,16,22,28).

Bei den Dentinadhäsivgruppen (VG 2+7, 3+8, 4+9) wirkte sich die Verwendung von Inlays auf den Randspalt in der Regel nicht schlechter aus, wenn man eine Zunahme um 0,01 % bei VG 3+8 vernachlässigt und bei dem Vergleich von VG 4+9 die "Ausreißer" ausgeklammert werden (Abb. 11-14).

Die Randspaltquote der Kavitäten mit Schmelzhaftvermittler (VG 5+10) konnte selbst durch die Verwendung von Inlays unterhalb der SZG nicht verbessert werden (Abb. 15).

Signifikante Verbesserungen wurden im Schmelz zwischen VG 2+7 (1,11 % auf 0,27 %) und VG 5+10 (1,87 % auf 0,00 %) und im Dentin bei VG 3+8 (12,21 % auf 0,89 %) festgestellt (Abb. 11,15, 12).

3.4.2 nach Thermowechselast

Nach TWL war im Vergleich bezüglich des perfekten Randes nur VG 7 (Inlaygruppe) mit 94,96 % schlechter als VG 2 mit 96,36 %, allerdings nicht signifikant (Abb. 17-22).

Signifikant mehr perfekter Rand ergab sich im Schmelz zwischen VG 4+9 (94,44 % zu 98,92 %) und VG 5+10 (93,03 % zu 97,80 %) und im Dentin zwischen VG 2+7 (86,80 % zu 97,87 %) und VG 3+8 (74,32 % zu 96,18 %) (Abb. 19,21,17,18).

Noch eindeutiger stellte sich die Verbesserung durch Keramikinlays bei der Betrachtung des Randspaltes dar (Abb. 23-28). An jedem Vergleichspaar (Ausnahme VG 9 mit "Ausreißern") waren weniger Randspalten bei mit Keramikinlays gefüllten Zähnen, sowohl an Schmelz- als auch an Dentinrändern, meßbar.

Signifikant besser waren sie im Schmelz bei VG 7 (0,53 % statt 1,61 %) und VG 10 (0,39 % statt 2,03 %) und im Dentin bei VG 7 (2,14 % statt 13,00 %) und VG 8 (0,87 % statt 14,33 %) (Abb. 23,24,27).

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Ergebnisse

Wie auch bei Untersuchungen von Krejci et.al. (77), Blunck (10), Krejci et.al. (78), Hannig (48), Kostka (75) und Bronwasser et.al. (16) über Adhäsivinlays stellte hier der Übergang von Befestigungskomposit zu Inlay keine Problemstelle dar. Der Anteil an Randspalten war mit $p(D) < 1,63 \%$ niedrig und wurde in allen Fällen vom Kriterium C (Unterschuß) übertroffen (Tab. 4.1).

Kurve/Kriterium	VG 7	VG 8	VG 9	VG 10
Kurve 2A	94,08	95,14	98,06	98,44
Kurve 2C	4,21	3,78	1,94	0,63
Kurve 2D	0,78	1,09	0,00	0,11
Kurve 4A	96,68	95,23	98,01	99,33
Kurve 4C	1,69	1,11	1,11	0,28
Kurve 4D	1,63	0,91	0,11	0,09
Kurve 2AT	94,15	94,66	97,81	98,28
Kurve 2CT	4,12	3,88	2,19	0,79
Kurve 2DT	0,68	0,87	0,00	0,11
Kurve 4AT	96,63	96,68	98,30	99,32
Kurve 4CT	1,64	1,23	0,98	0,28
Kurve 4DT	1,64	0,95	0,12	0,07

Tab. 4.1: Verteilung der Kriterien perfekter Rand (A) und Randspalt (D) am Übergang Befestigungskomposit - Inlay in Prozent (T = nach Thermocycling)

Weiterhin fiel auf, daß oberhalb der SZG öfter Unterschuß anzutreffen war als darunter. Dieses Phänomen könnte durch einen größeren Druck auf den zervikalen Klebefugenbereich beim Einsetzen der Keramikinlays erklärt werden. Dadurch wurde das überschüssige Befestigungskomposit aus der Klebefuge gepresst.

4.1.1 Thermocycling

Die Thermowechselast hatte wie bei Hahn et.al. (42) oder Reich et.al. (105) wenig Einfluß auf die Randqualität der einzelnen Versuchsgruppen. Die signifikante Verschlechterung der VG 5 im Dentin (Kriterium A und D) deutete erneut darauf hin, daß die Verwendung dieses Schmelzhaftvermittlers unterhalb der SZG inadäquat ist.

Die Tatsache, daß der Effekt durch TWL bei den kompositgefüllten Versuchsgruppen größer war als bei den Inlaygruppen, kann durch die Materialeigenschaften der beiden Füllstoffe erklärt werden. Komposite haben einen von der Zahnschubstanz stark abweichenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Lambrechts et. al. (83) geben diesen für Zahnhartsubstanz mit $10 \cdot 10^{-6}/K$, Hybridkomposite mit $35 \cdot 10^{-6}/K$ und mikrogefüllte Komposite mit $70 \cdot 10^{-6}/K$ an. Die Angaben von Kullman et. al. (80) für Lumifor als Hybridkomposit mit ca. $40 \cdot 10^{-6}/K$ stimmen mit diesen überein. Hybridkomposite haben somit einen niedrigeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als mikrogefüllte und sind damit der Zahnhartsubstanz ähnlicher (Zahn = $14 \cdot 10^{-6}/K$) (84). Anders ausgedrückt haben hochgefüllte Komposite einen dem Zahn ähnlicheren, jedoch immer noch verschiedenen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und mit einem hohen Elastizitätsmodul (77) verbesserte Eigenschaften.

Der thermische Ausdehnungskoeffizient von Keramik hingegen wird von Hetz und Martin (62) mit $7,2 \cdot 10^{-6}/K$ angegeben und ist dem der Zahnhartsubstanz sehr ähnlich.

Damit ist erklärt, daß die bei TWL entstehenden Spannungen bei Kompositen größer sind als bei Keramikinlays, die nur eine sehr schmale Kompositfuge haben.

Eine andere Materialeigenschaft ist die hygroskopische Expansion. Nach Hansen (51) und Braden et. al. (15) ist sie bei Kompositen in den ersten sieben Tagen am größten. Die ersten Abformungen während dieser Arbeit nach einem Monat erfassen also schon den größten Teil der Quellung. Diese ist abhängig vom Füllergehalt. Je größer der Füllergehalt, desto kleiner ist die hygroskopische Expansion (22,57,101).

Bowen et.al. (14) und Sheth et.al. (118) wiesen nach, daß die Ausdehnung groß genug ist, um Spalten zu verschließen. Hansen und Asmussen (57) sprachen diese Fähigkeit eher Kompositen mit Mikrofüllern zu, als Hybridkompositen mit dem höheren Verhältnis Füllkörper/Matrix.

Durch den nach einem Monat als abgeschlossen geltenden Prozeß der hygroskopischen Expansion kann also das Ergebnis der Thermowechselbelast nicht beeinflußt werden.

Ruppert et. al. (114) zeigten, daß innerhalb der ersten 500 Zyklen der TWL die größten Veränderungen der Randqualität einer Füllung auftreten. Eine Erhöhung auf 2000 Zyklen brachte keine erhebliche Verschlechterung der Randqualität mit sich.

Wie in Kapitel 2.7 erwähnt, werden in vergleichbaren Untersuchungen ebenfalls Temperaturen von 5 und 55°C verwandt.

Dieses Verfahren bewirkte bei den plastischen Füllungen stets eine Zunahme an Randspalt und Abnahme an perfektem Rand. Bei den Inlaygruppen gab es jedoch keine klare Entwicklung. Ausnahmen waren zu finden bei

		Kavitätenrand
perfektem Rand:	VG 9,9*	schmelzbegrenzt
	VG 7,8,10	dentinbegrenzt
Randspalt:	VG 7,8,10	dentinbegrenzt

Als Erklärungsmöglichkeiten (für den besseren Rand nach TWL) bietet sich die hygroskopische Expansion, die aus oben genannten Gründen nach der TWL nicht mehr solch große Ausmaße erreicht, daß Spalten verschlossen werden. Speziell für VG 10 gilt, daß Sono-Cem 2 hydrophob und damit weniger fähig ist, unter Wasserzutritt zu quellen.

Durch die lange Wasserlagerung (> 30 d) bis zum Thermocycling kann es durch hygroskopische Expansion zumindest zu einer Abschwächung der Polymerisationsschrumpfung und dadurch zur Reduktion der inneren Spannungen kommen.

Dieser Prozeß ist erfolgreicher bei den Keramikinlays. Jedes Komposit unterliegt einer Polymerisationskontraktion (= PK) (14). Sie ist umso kleiner, je höher der Füllergehalt ist (3, 100). Eine Ausnahme stellen die Hybridkomposite dar, die zwar einen hohen Füllergehalt haben, jedoch zur Erhaltung der Viskosität einen höheren Anteil an TEGDMA-Verdünner benötigen, der wieder zu einer höheren PK führt (83). Nach Lambrecht et. al. (83) beträgt sie für Hybridkomposite nach Volumen 1,3 - 3,5 % (mikrogefüllte 2,0 - 4,5 %). Der Effekt der Spaltbildung ist bei dem großen Volumen der plastisch gefüllten Kavitäten größer (76), jedoch in der Klebefuge auch nicht zu unterschätzen. Feilzer et. al. (35) zeigten, daß die Wand-zu-Wand-PK in dünnen Schichten höher ist, da dort kein "Flow" möglich ist. Beim Abbinden eines Komposits zwischen zwei gegenüberliegenden Wänden kann durch den seitlichen Einfluß von Komposit (= Flow) während der Polymerisation die Spannung abgebaut werden (24). Davidson (25) wies darauf hin, daß die Kavitätenform auch großen Einfluß hat, da die innere Spannung steigt, wenn eine PK in drei Dimensionen erfolgt. Kunzelmann und Hickel (82) zeigten, daß die PK mehr von der Spaltbreite als dem Volumen (Fläche) abhängt.

Folgende Faktoren und die besseren thermischen Eigenschaften der Keramik führen bei Inlays also während der TWL zu geringeren inneren Spannungen :

1. geringes Volumen des Komposits

Polymerisationskontraktion insgesamt
geringer als bei plastischen Füllungen

2. durch Wasserlagerung und hygroskopische
Expansion schnellerer Ausgleich der
inneren Spannungen schon vor TWL

Andere Gründe für das bessere qualitative Ergebnis mancher VG nach Thermocycling können in Ungenauigkeiten der Replikatechnik, wie in Kapitel 4.3.1 beschrieben, liegen.

4.1.2 Oberflächenkonditionierung

a) Plastische Füllungen

Beim Vergleich der plastischen Füllungen fiel das schlechte Ergebnis der Ketac^R Silver - Gruppe (VG 1) im Schmelz auf. Dort schließt es schlechter als alle anderen DBA - und SHV - Gruppen ab, wogegen es unterhalb der SZG vergleichbar mit den DBA - Gruppen 7, 8 und 9 ist. Mögliche Erklärungen hierfür sind, daß die Schmelzoberflächen der VG 1 nur abgesprüht und nicht angeätzt wurden. Lose Schmelzprismen könnten zu einer vermehrten Spaltbildung führen. Zum anderen macht sich, da ohne Matritze gearbeitet wurde, der fehlende Stopfdruck bei GIZ stärker bemerkbar. Bedingt durch die initial stärkere Adhäsion an Instru-

menten ist Ketac^R Silver schlechter zu modellieren als ein Komposit.

Die Unterschiede bezüglich perfektem Rand im Schmelz der VG 6 gegenüber VG 2 und 3 lagen nach Thermowechsellast unter dem Signifikanzniveau. Das bedeutet, daß die individuellen Materialeigenschaften, die zu anfänglich unterschiedlichen Randqualitäten führten, nicht ausreichten, um nach Thermocycling wieder unterschiedlich gute Randqualitäten zu sichern.

Das Kriterium perfekter Rand ist bei allen schmelz- und dentinbegrenzten Kompositgruppen (VG 2-5) vor Thermocycling im Schmelz gleich (Anlage 1ab). Daraus kann gefolgert werden, daß eine konstante Verarbeitungsqualität durch den Untersucher erbracht wurde. Ferner kann daraus abgeleitet werden, daß Schwankungen dieses Kriteriums im Dentin auf die Konditionierung der Zahnoberfläche zurückzuführen sind, sofern die Differenz mit Randspalt erklärbar ist.

Aus den erreichten Werten des perfekten Randes im Schmelz nach Thermocycling (90,97 % - 96,36 %) kann weiterhin die Konsequenz gezogen werden, auf eine Anschrägung zu verzichten. Fett et.al. (36) und Isenberg et.al. (69) stellten übereinstimmend fest, daß die okklusale Anschrägung des Schmelzrandes keinen klinisch signifikanten Effekt hat. Damit können auch die Nachteile dieser Methode, wie dünnauslaufende Füllungsrän der der Inlays (50) oder Verbreiterung der Klebefuge und daraus folgende schnellere Abra-sion (97), vermieden werden.

Eberhard (33) zeigte ebenfalls bei MOD Cerec^R Inlays, daß ohne weiteres auf eine Anschrägung, auch der approximalen Kavitäten-ränder, verzichtet werden kann.

Zwischen VG 2-6 bestehen beim Randspalt im Schmelz Unterschiede (Anlage 2a-d). Die Werte sind jedoch so gering, daß sie bei einer geschätzten Meßungenauigkeit von 2 % unbedenklich sind.

Auffällig ist aber trotzdem der Unterschied zwischen den schmelz- und dentinbegrenzten Hybridkompositfüllungen (VG 5) mit mehr Randspalten im Schmelz und den rein schmelzbegrenzten (VG 6). Offensichtlich wurde der Rand dieser ungenügend im Dentin befestigten Approximalkästen bedeutend stärker bei der Polymerisationsschrumpfung und Politur beansprucht, als dies bei den voll im geätzten Schmelz verankerten Approximalkästen der Fall war.

Signifikant mehr Spalten vor und nach (36,62 % bzw. 46,25 %) Thermocycling gegenüber allen anderen Versuchsgruppen weist VG 5 mit dem Schmelzhaftvermittler im Dentin auf. Damit ist dieses System auf jeden Fall nicht für Kavitäten mit Extension unterhalb der SZG angezeigt.

Die 10,69 % - 14,33 % Randspalt der VG 1-4 sind auch kein befriedigendes Ergebnis, aber lassen einen gewissen Effekt der angestrebten Haftvermittlung erkennen.

Andere Untersuchungen, die mittels Farbstoffpenetration den Randschluß prüfen (23,30,37,40,87,103,109,119,135), sind aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungsmethodik nicht mit diesen Werten zu vergleichen.

b) Keramikinlays

Für die Vergleiche der Versuchsgruppen mit Keramikinlays (VG 7-11) sei zunächst die VG 11 ausgeklammert. Wie in Kapitel 3.2 schon erwähnt, stehen diese Werte zum Vergleich nur bedingt zur Verfügung (anderer Untersucher).

Des weiteren sei nochmals darauf hingewiesen, daß bei VG 9 nur 10 der 12 Füllungsråder zum Vergleich herangezogen werden. Das Vorkommen von sogenannten "Versagern" oder "Ausreißen" ist bekannt (75,116) und kann verschiedene Ursachen haben. Individu-

elle Unterschiede können in der Größe der Restauration (19), der Dentintiefe (113,127) oder einem anderen Präparationswinkel (52) liegen. Außerdem können eine artifizielle Dentinätzung (123) oder Speichel- (Wasser-) Kontamination (58,78) das Randverhalten stark beeinträchtigen.

Die Inlaygruppen wiesen im Schmelz, wie bei den Gruppen gleicher Vorbehandlung mit plastischen Füllungen, gleich gute Randqualitäten auf. Aus dem vergleichbar guten Abschneiden der Dentinadhäsive und Schmelzhaftvermittler kann abgeleitet werden, daß eine Kontamination der Schmelzränder mit DBA die retentive Haftung im Schmelz nicht beeinträchtigt.

An dentinbegrenzten Kavitätenrändern zeigten die DBA - Gruppen (VG 7-9) mit 92,61 - 97,87 % perfektem Rand nach TWL durchaus akzeptable Ergebnisse. Ebenfalls hinsichtlich des Randspaltes schlossen sie mit 0,87 - 4,46 % nach TWL vergleichbar gut ab (s.Kap. 4.2).

Das signifikant schlechtere Ergebnis der Versuchsreihe mit SHV (VG 10) deutet darauf hin, daß eine rein mikromechanische Verankerung im Dentin ohne Entfernung des Smear Layers, wie bei Pertac^R UB, schlechter ist, als die durch Chelatoren vermittelte Haftung in den Dentinkanälchen bei den verwendeten Dentinadhäsiven. Pertac^R UB penetriert laut Herstellerangaben die Schmier-schicht und bindet sie mit in die Matrix ein. Für alle drei verwendeten DBA fanden Haller et. al. (43) heraus, daß sie zur Auflösung der Schmierschicht und Freilegung der Dentintubuluseingänge führen. Dies wird bei Scotchbond und Syntac durch Maleinsäure, bei Gluma durch EDTA erreicht. Daraus folgerte er, daß weniger chemische Bindungen als vielmehr physikalisch - mikromechanische Haftmechanismen, wie beispielsweise die Ausbildung von intratubulären Kunststoffzapfen ("Tags"), eine Rolle spielen. Johnson et.al. (72) und Edler et.al. (34) kamen ebenfalls zu diesem Schluß.

Nachdem bezüglich der Randqualität zwischen den drei Dentinadhäsivsystemen nur tendenzielle und keine signifikanten Unterschiede zu erkennen waren, bleibt noch der Vergleich bezüglich des Handlings. Die Verwendung moderner DBA erfordert Zeit, sauberes Arbeiten (saubere Einmalpinsel oder Pellets), am besten unter Kofferdam und die Einhaltung der Reihenfolge und Zeiten der zu verwendenden Materialien.

	Schritte	Zeit in s
Scotchbond™	5	120
Gluma ^R	8	105
Syntac ^R	7	80

Eine detaillierte Aufgliederung der Schritte ist bei Johnson et. al. (72) zu finden. Scotchbond™ ist am zeitaufwendigsten, kommt dafür mit weniger Schritten aus. Gluma^R, das etwas schneller verarbeitet werden kann, erfordert jedoch 8 mal das Wechseln der Instrumente. Die günstigste Methode erschien in dieser Arbeit Syntac^R mit 7 Schritten in 80 s.

Arauyo und Asmussen (2) beschäftigten sich schon mit diesem Problem und stellten fest, daß Gluma^R in etwas anderer Zusammensetzung und weniger Arbeitsschritten bei Abzugsversuchen und Kontraktionsspalten zu gleichen Resultaten führt. Ob dies auch auf MOD - Kavitäten oder in klinischen Untersuchungen zutrifft ist jedoch ungeklärt.

4.1.3 Einfluß der Füllung

Signifikante Veränderungen durch die Verwendung von Keramikinlays anstelle von Kompositfüllungen erscheinen ausschließlich als Verbesserung der Randqualität ("perfekter Rand", "Randspalt"). Diese Aussage gewinnt durch das Thermocycling (TWL) an Bedeutung, wie aus folgender Tabelle zu erkennen ist:

im Schmelz	"perfekter Rand"	vor TWL	VG 5+10
		nach TWL	VG 4+9 VG 5+10
	"Randspalt"	vor TWL	VG 2+7 VG 5+10
		nach TWL	VG 2+7 VG 5+10
im Dentin	"perfekter Rand"	vor TWL	VG 3+8
		nach TWL	VG 2+7 VG 3+8
	"Randspalt"	vor TWL	VG 3+8
		nach TWL	VG 2+7 VG 3+8

Tab. 4.1.3: Signifikante 'Verbesserungen' durch Keramikinlays gegenüber Kompositfüllungen vor und nach Thermocycling

Die Unterschiede durch die TWL und das bessere Resultat der Keramikinlays vorher lassen sich ebenfalls durch oben (Kap.4.1.1) genannte Materialeigenschaften der Füllstoffe erklären:

auf der einen Seite findet man:

eine großvolumige Kompositfüllung mit vom Zahn abweichendem thermischem Ausdehnungskoeffizienten und größerer Polymerisationsschrumpfung,

auf der anderen:

einen großen Keramikkörper mit ähnlicher thermischer Ausdehnung wie die Zahnhartsubstanz und eine dünne Klebefuge (110µm) mit

Komposit.

Die Ursache für die Verstärkung dieses Phänomens durch TWL liegt, wie auch schon von Prati et.al. (103) veröffentlicht, hauptsächlich in den Füllungswerkstoffen, weniger in der Konditionierung mit DBA oder SHV.

Auffallend ist das Fehlen einer signifikanten Verbesserung zwischen VG 5+10 im Dentin. Der Unterschied zwischen Kompositfüllung und Inlay wird nach Thermocycling größer. Die Randqualität unterhalb der SZG ist jedoch so schlecht, daß die Abweichung der Mittelwerte nicht unter das 5 % - Niveau fällt (Abb. 21,27).

Weiterhin stellt sich die Frage, warum es zwischen VG 4+9 so wenig signifikante Verbesserungen gibt (Tab. 4.1.3). Die Randquoten der beiden Variablen liegen offensichtlich dichter beieinander (s.Abb. 26). VG 4+9 unterscheiden sich innerhalb der Komposit - bzw. Inlaygruppen nicht. Eine Erklärung könnte in einer Inkompatibilität des DBA Syntac^R mit dem Befestigungszement sein, wie sie Kreiji et.al. (77) bei Gluma^R schon gefunden hatte. Dadurch nähern sich die sonst besseren Ergebnisse bei Inlays denen der sonst schlechteren Kompositfüllungen.

4.2 Vergleiche mit Untersuchungen anderer Autoren

Vergleichbare Werte bieten nur Studien, die ebenfalls eine qualitative und quantitative Randanalyse von Füllungen heranziehen. Selbst bei ähnlichem Versuchsaufbau ist jedoch ein Vergleich der Ergebnisse nur bedingt möglich. Haller et.al. (43) und Strassler und Likowski (124) wiesen schon auf die individuell unterschiedlichen Beschaffenheiten der zu untersuchenden Materialien und die fehlende Standardisierung hin.

Das Aufbewahrungsmedium der extrahierten Zähne hat keinen signifikanten Einfluß auf den Vergleich verschiedener Untersuchungen. Alternativen zur Ringerlösung sind Leitungswasser, 1,0 %ige wässrige Chloraminlösung, 0,1 prozentiges wässriges Benzalkoniumchlorid, destilliertes Wasser oder destilliertes Wasser mit Thymol (18,27,71,113).

Ebensowenig hat die Zeitspanne zwischen Extraktion und Präparation einen Einfluß auf Spaltbildung (12) oder Abzugskräfte (113).

An dieser Stelle wird nur auf Untersuchungen mit Klasse II Kavitäten und rasterelektronischer Bewertung eingegangen.

Übereinstimmende Werte bei Untersuchungen von Keramikinlays veröffentlichten Bronwasser et.al. (16) mit 95,2 - 99,2 % perfektem Rand am okklusalen Übergang Schmelz - Befestigungskomposit und 93,6 % perfektem Rand vor - und 84,8 % perfektem Rand (Prisma Universal Bond ohne Uf) nach Temperatur - und mechanischer Belastung am Übergang Dentin - Befestigungszement. Durch den Belastungstest wurden im Schmelz unwesentliche Veränderungen erreicht.

Hofmann et.al. (67), Reich et.al. (105) und Eberhard (33) befassten sich mit der Analyse rein schmelzbegrenzter Klasse II Cerec^R - Inlays und beobachteten 3,4 % ,7-11 % bzw. 1,5-5 % Randspalt.

Hahn et.al. (42) untersuchten den Einfluß selektiver Konditionierung keramischer Einlagefüllungen auf die Randqualität. Dabei wurden die Inlayflächen gegenüber schmelzfreier Randabschnitte von der Konditionierung ausgeschlossen. Vor und nach thermodynamischer Wechselbelastung erfolgte eine Auswertung der Replikas mittels Auflichtmikroskop (100 fache Vergrößerung) und REM. Es konnte eine spaltfreie Adaptation des Adhäsivs an die keramische Grenzfläche vor und nach Thermocycling festgestellt werden. Im schmelzfreien Abschnitt zeigten die herkömmlich konditionierten Restaurationen (Duo Bond Kit, Coltene) 50-80 % Spaltbildung vor und nach Thermowechselast. Die Testgruppe (partielle Nonkonditionierung) war mit 3-5 % primärer und sekundärer Randspaltbildung im schmelzfreien Bereich gekennzeichnet. Es gab keine signifikanten Unterschiede vor und nach Thermocycling. Auffallend waren die massiven Überschüsse (40 %) bei Cerec^R - Inlays.

Marolf et. al. (88) untersuchten Inlays aus Mikrofüllerkomposit in 2- und 3- flächigen schmelzbegrenzten Kavitäten im Rahmen einer Verschleißanalyse auch mittels REM auf ihre Randqualität. Die Anteile an "perfektem Rand" lagen initial um 87 %, nach Versuchsende bei 79 %, für das Kriterium "Randspalt" um 9 % bzw. 14 %. Die Werte der Kriterien "Überschuß", "Schmelzrandfraktur" und "Füllungsrandfraktur" bewegten sich eng um den Wert Null.

Krejci et. al. (77) konzentrierten sich auf Klasse II Sofortinlays aus Komposit, deren Ränder teilweise im Dentin lokalisiert waren. Die mit einem Dentinadhäsiv (Gluma^R) vorbehandelten Kavitätenränder wiesen nach thermischer Belastung und Kausimulation zu 98 % perfekten Randschluß zum Befestigungskomposit auf. Die Prozentsätze an Schmelz -/ Dentinrandfrakturen, Inlayrandfrakturen, Über - und Unterschüssen waren vor und nach Belastung vernachlässigbar (< 3 %). Die Zementierungsfugenbreite betrug zwischen 30 und 300 µm.

4.3. Fehlermöglichkeiten

4.3.1 Replikatechnik

Bei der Suche nach Fehlerquellen stößt man schon bei der Herstellung der Replikas auf Ungenauigkeiten. Die hier verwendete Replikatechnik (Polyäther-Gummi-Abformmaterial und Epoxidharz) ist ein allgemein anerkanntes und erprobtes Verfahren. Einbußen in der Genauigkeit der Wiedergabe von Oberflächenstrukturen durch die Replikatechnik dürften daher gering sein (61,99).

Dennoch wird anhand von REM - Bildern belegt, daß durch Qualitätsschwankungen unterschiedliche Ergebnisse der Randanalyse möglich sind. So kann z.B. ein Randspalt als perfekter Rand bewertet werden, wenn dieser Übergang durch Unschärfe glatt aussieht (Bild 10+11).

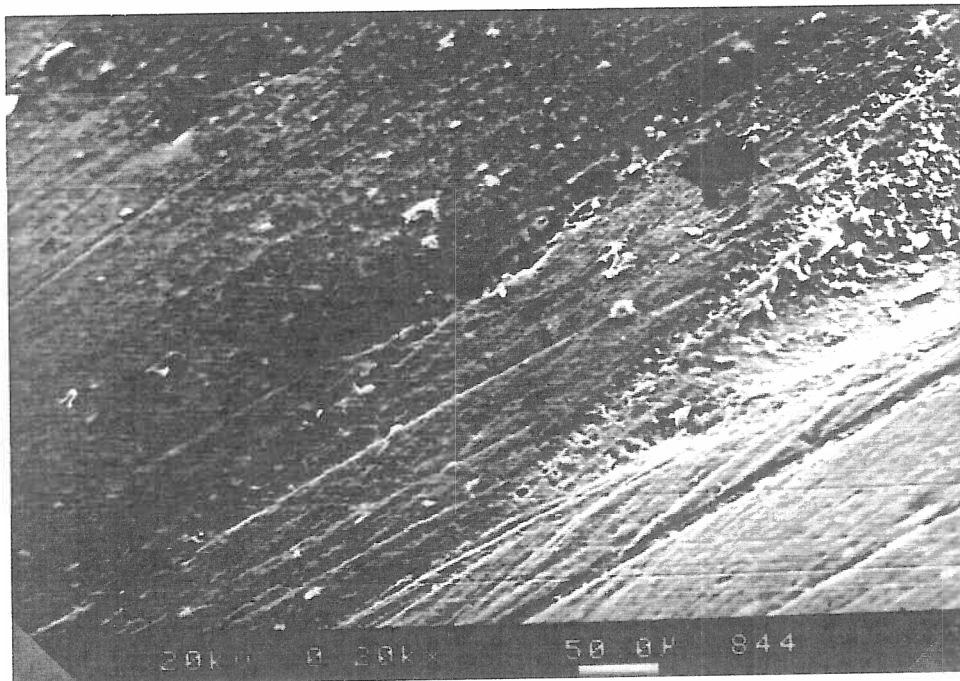


Bild 10: Randspalt (Kriterium D)
Herstellung des Replikas mit Permadyne^R blau
oben Dentin, unten Komposit (Pertac^R Hybrid)

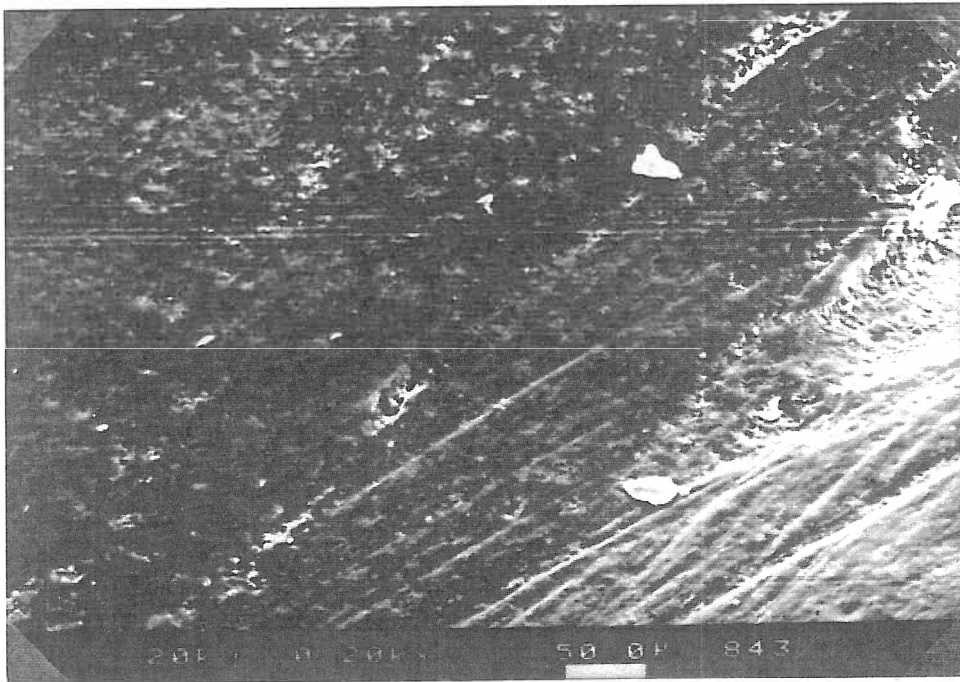


Bild 11: scheinbar perfekter Rand; gleiche Stelle wie Bild 10,
anderes Replika (Permadyne[®] Garant)
oben Dentin, unten Komposit (Pertac[®] Hybrid)

Weiter kann es durch Luft - oder Wassereinschlüsse zu wulstartigen Ausstülpungen kommen, die keinen Schluß auf die Randqualität zulassen (Bild 12+13).

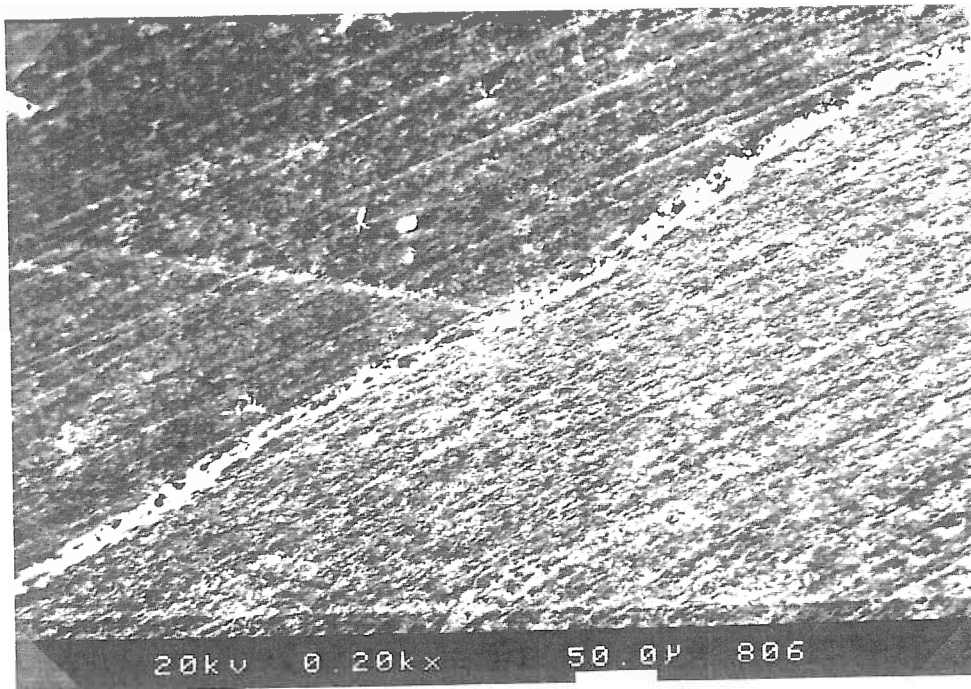


Bild 12: Randspalt vor Thermocycling (Kriterium D)
oben Dentin, unten Komposit (Pertac^R Hybrid)

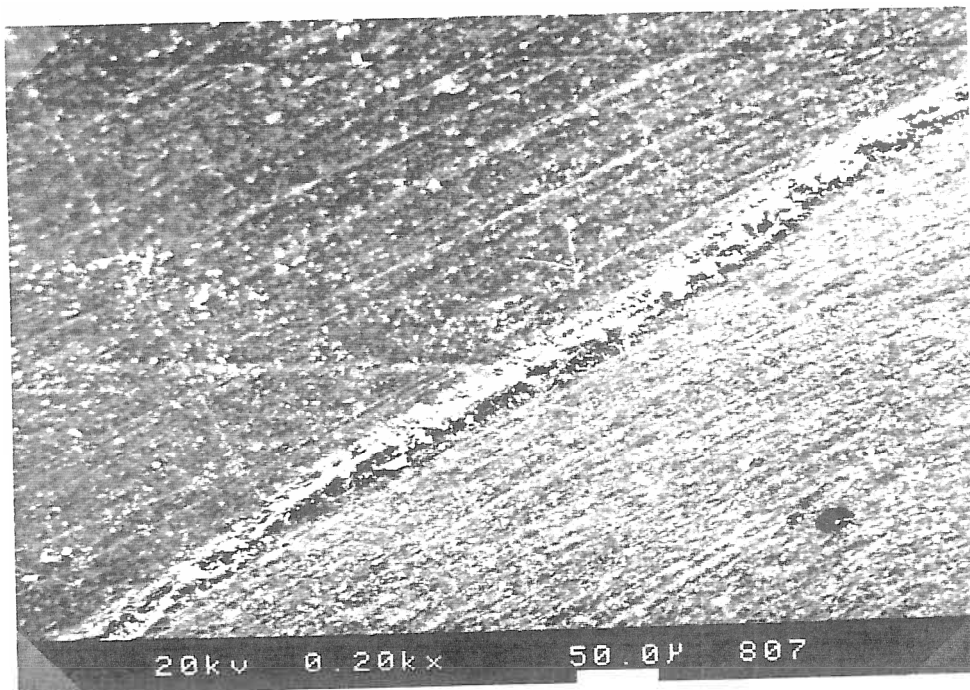


Bild 13: gleiche Stelle wie Bild 12 nach Thermocycling, Rand
wird durch wulstige Ausstülpungen verdeckt
oben Dentin, unten Komposit (Pertac^R Hybrid)

Beides kann dazu geführt haben, daß teilweise bei hydrophoben Kompositen oder Befestigungskompositen nach TWL bessere Randqualitäten zu finden waren als vorher.

4.3.2 Rasterelektronenmikroskop

Bei der Kalibrierung entstehen Unterschiede zwischen der qualitativen Interpretation von REM - Bildern durch zwei verschiedene Behandler. Oft gilt es auch Grenzfälle in die festgelegten Kriterien einzuordnen. Jedoch beeinträchtigt dies nicht die Aussagekraft einer Studie, die durch eine Person erstellt wird, da es sich dabei um systematische Fehler handelt. An jeden Fall werden die gleichen Beurteilungsmaßstäbe angelegt.

Einige Besonderheiten seien jedoch an dieser Stelle herausgestellt. So könnte z.B. eine Fehlinterpretation durch Polierspuren, die für Unterschuß oder Randspalt gehalten werden, eintreten.

Der Betrachtungswinkel beeinflusst manchmal auch die Wahl des jeweiligen Kriteriums (Bild 14+15). Allgemein lassen sich Unklarheiten oft durch eine Veränderung der Vergrößerung klären.

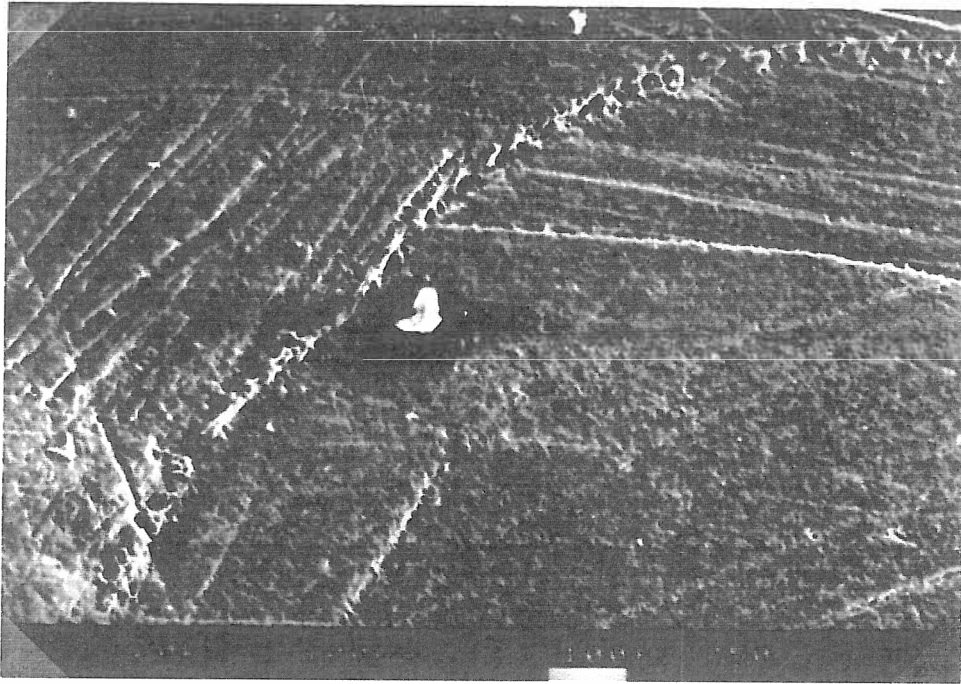


Bild 14: Randspalt (Kriterium D)
oben Dentin, unten Komposit (Pertac^R Hybrid)

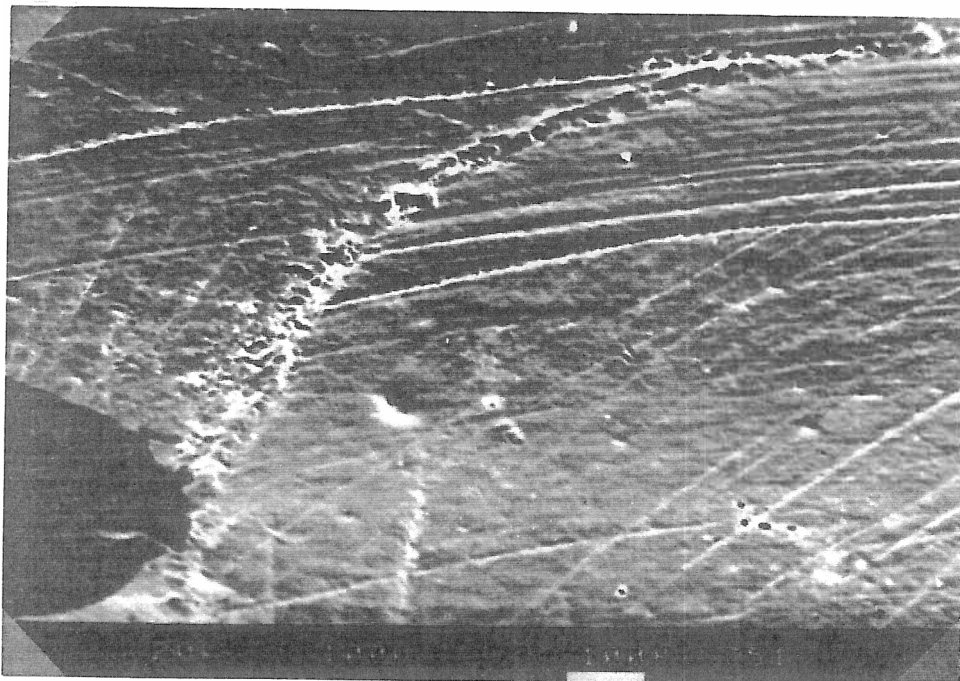


Bild 15: gleiches Replika wie Bild 14, anderer Betrachtungs-
winkel, Inkontinuität am Übergang von Komposit zu
Dentin, hier auch als Unterschluß bewertbar
oben Dentin, unten Komposit (Pertac^R Hybrid)

Eine Erklärung für wulstartige Ausstülpungen am Füllungsrand könnte eine Folge des Polierens sein, da man sie doch nur unterhalb der SZG antraf. In Bild 16 ist deutlich das abrupte Auftreten dieser Erscheinung zu erkennen, sobald eine Schmelzumrandung fehlt. Sie könnte durch einen Abrieb von z.B. Kollagen am Füllungsrand verursacht werden. Das Fehlen dieser "Wülste" im Schmelz kann durch seine größere Härte und eine daraus resultierende 'Abscherung' sämtlicher vom Polierkörper erfassten Materie erklärt werden.

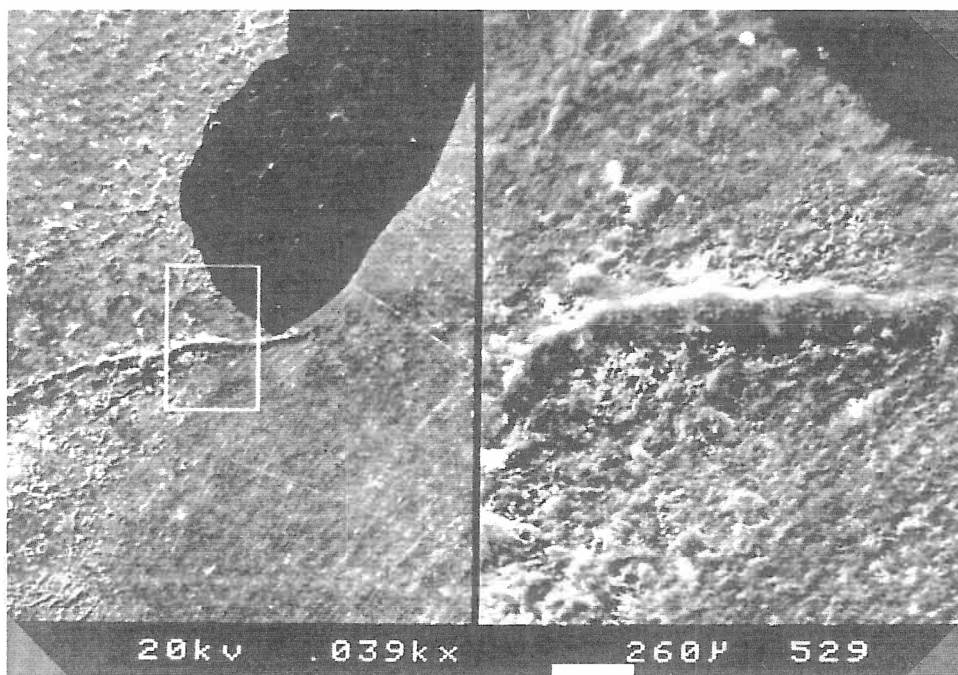


Bild 16: wulstige Ausstülpungen - Poliereffekt ?

links oben Dentin, rechts oben Schmelz, unten Komposit
(P-50^R), schwarz = Markierung der Schmelz-Zement-Grenze

Mit Ausnahme der VG 1 traten wie bei Pintado et.al. (101) wegen des optimalen Randschlusses des Komposits im Schmelz Schwierigkeiten auf, den gesamten Verlauf des Füllungsrandes am REM zu verfolgen.

Außerdem seien meßtechnische Fehlerquellen erwähnt. Dadurch, daß mehrere Benutzer am REM gearbeitet haben, mußten folgende Einstellungen stets kontrolliert werden, um die Eichung für das

Programm Quantigap[®] zu gewährleisten. So haben der Abstand des Probenstückes in der Polarisationskammer und die Vergrößerung (Magnification) am Fernseh Bildschirm großen Einfluß auf die Übertragung geeichter Werte.

5 Zusammenfassung

An 66 extrahierten menschlichen Molaren und Prämolaren wurden MOD - Kavitäten mit approximalen Kästen präpariert, deren zervikale Begrenzung unterhalb der Schmelz - Zement - Grenze (= SZG) lag. Nach Aufteilung in elf Versuchsgruppen ergaben sich jeweils zwölf getrennt voneinander am Rasterelektronenmikroskop untersuchte Approximalkästen.

Die Randqualität von drei Dentinadhäsiven (= DBA) in Kombination mit den zugehörigen Kompositen (Scotchbond™ 2 - P-50™, Gluma® - Lumifor®, Syntac® - Tetric®) bzw. Cerec - Inlays (Dual - Cement) sollte ober- und unterhalb der SZG verglichen werden. Als Kontrollgruppen dienten Cermetzement - Füllungen (Ketac® Silver) und schmelz - bzw. schmelz -/ dentinbegrenzte Kavitäten mit einem Schmelzhaftvermittler und dem zugehörigen Komposit (Pertac® Universal Bond, Pertac® Hybrid). Die plastischen Kompositfüllungen wurden pro Fläche in drei Schichten ausgehärtet. Nach mindestens einem Monat Lagerung in Ringerlösung wurden vor und nach Thermowechselast (5 - 55°C, 500 Zyklen) Replikas für die qualitative und quantitative Randanalyse bei zweihundertfacher Vergrößerung am REM hergestellt. Die statistische Auswertung erfolgte nichtparametrisch.

Die drei Dentin-Bonding-Agents (DBA) unterschieden sich weder im Schmelz noch im Dentin bezüglich der Häufigkeit an Randspalten. Im Dentin hatte der Schmelzhaftvermittler (Pertac® Hybrid) mit 46,25%, im Schmelz der Cermetzement (Ketac® Silver) mit 20% signifikant mehr Spalten als die DBA. Unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze war der Cermetzement den Dentinadhäsiven gleichwertig.

Eine Anschrägung erscheint bei einem Anteil von 90,97 - 96,36% perfektem Rand im Schmelz bei Verwendung plastischer Komposite ohne Anschrägung und 94,96 - 99,10% perfektem Rand bei Kerami-

kinlays nicht als notwendig.

Durch die Thermowechselbelastung erhöhte sich der Anteil an Randspalten hauptsächlich im Dentin. Diese Tendenz war bei den plastischen Kompositen stärker ausgeprägt als bei den Keramikkinlays. Ein signifikanter Unterschied konnte jedoch nur bei der Kontrollgruppe mit Schmelzhaftvermittlern nachgewiesen werden.

Obwohl der Anteil an Randspalten im Dentin bei Kompositfüllungen mit DBA (10,69 - 14,33%) stets über dem der Inlays mit gleicher Vorbehandlung (0,87 - 4,46%) lag, war der Unterschied nicht bei allen Versuchsgruppen signifikant. Die Qualität der Keramikkinlays erschien hier akzeptabel, klinische Langzeitergebnisse fehlen jedoch.

Die Benetzung angeätzter Schmelzareale mit Dentinadhäsiven ergab keine Verschlechterung der Randqualität im Vergleich zur Vorbehandlung mit Schmelzhaftvermittlern. DBA's beeinträchtigen also die retentive Haftung im Schmelz nicht.

Der Übergang Befestigungskomposit - Inlay wies minimale Imperfektionen auf und stellte somit keine Problemstelle im adhäsiven Verbund bei Cerec^R - Inlays dar.

6 Literaturverzeichnis

- 1 Aquilino S. A., Williams V. D., and Svare C.: The Effect of Storage Solutions and Mounting Media on the Bond Strength of a Dentinal Adhesive to Dentin
Dent Mater 3: 131-135 (1987)
- 2 Araujo P.A. and Asmussen E.: Bonding and gap formation with a simplified Gluma system
Dent Mater Abstr. No. 1412 (1990)
- 3 Asmussen E.: Composite restorative resins. Composition versus wall-to-wall polymerization contraction.
Acta Odontol Scand 33: 337-44 (1975)
- 4 Asmussen E.: Clinical Relevance of Physical, Chemical, and Bonding Properties of Composite Resins
Oper Dent 10: 61-73 (1985)
- 5 Asmussen E. and Munksgaard E. C.: Bonding of restorative resin to dentin: status of dentin adhesives and impact on cavity design and filling techniques
Int Dent J 38: 97-104 (1988)
- 6 Beer R., Gängler P., Krehan F. und Wutzler P.: Das Dentinbonding-Material Scotchbond in der biologischen Testkette - ist eine haftvermittelnde Composit-Füllungstechnik pulpa-verträglich?
Zahn- Mund- Kieferheilkd. 77: 243-251 (1989)
- 7 Beer R., Gängler P., Wutzler P. und Krehan F.: Vergleichende biologische Prüfung des Glasionomerzementes Ketac - Bond^R
Dtsch Zahnärztl Z 45, 202-208 (1990) 4
- 8 Bellezza J.J., McCartha C.D., Bradley E.L., Denys F.R., Retief D.H.: Four-year in vivo evaluation of the composi-

te/bonding resin-tooth interface

Dent Mater 6: 237-240, Oct, (1990)

- 9 Benz C., Schwarz P.: Wie genau ist der optische Cerec - Abdruck?
Dtsch Zahnärztl Z 46, 632-634 (1991) 9
- 10 Blunck K.: Rasterelektronenmikroskopische Beurteilung von Kompositfüllungsrändern im Dentin in vitro
Dtsch Zahnärztl Z 43, 939-943 (1988)
- 11 Blunck U., Roulet J.-F.: In vitro marginal quality of dentin-bonded composite resins in Class V cavities
Quintess Int Vol 20, 6 (1989)
- 12 Blunck U., Pohl M., Dieker A.: Extraktionszeitpunkt und Kavitätenlage bei der In-vitro-Prüfung von Dentinhaftmitteln
Dtsch Zahnärztl Z 45, 639-642 (1990) 10
- 13 Brauner A., Krüger W., Kaden P., Lampert F. und Mittermayer Ch.: Der Einfluß von Dentin-Adhäsiven auf Zellkulturen humaner Gingivafibroblasten
Dtsch Zahnärztl Z 43, 396-399 (1988)
- 14 Bowen R.L.; Rapson J.E.; and Dickson G.: Hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resins.
J Dent Res 61(5): 654-658, May (1982)
- 15 Braden, M.; Causton, E.E.; and Clarke, R.L.: Diffusion of Water in Composite Filling Materials
J Dent Res 55: 730-732 (1976)
- 16 Bronwasser P.J.; Mörmann W.H.; Krejci I. und Lutz F.: Marginale Adaptation von Cerec-Dicor-MGC-Restaurationen mit Dentinadhäsiven
Schweiz Monatsschr Zahnmed, 101: 162-169 (1991)

- 17 Buonocore M. G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces
J Dent Res 34: 849-853 (1955)
- 18 Cerec Handbuch für den Anwender, Software C.O.S.
- 19 Choyacheb A.A., Eichmiller F.C. and Rupp N.W.: Factors Affecting Microleakage of Composite Restorations
Dent Mater Abstr.No. 160, 128 (1990)
- 20 Cooley R.L., Dodge W.W.: Bond strength of three dentinal adhesives on recently extractet versus aged teeth
Quintess Int 20, 513 (1989)
- 21 Council on Dental Materials and Devices: Status report on acid-etching procedures
JADA 97: 505-508, (1978)
- 22 Crim G.A.: Influence of bonding agents and composites on microleakage
J Prost Dent May Vol.61, No.5: 571-574 (1989)
- 23 Darbyshire P.A.; Messer L.B.; and Douglas W.H.: Microleakage in Class II Composite Restorations Bonded to Dentin using Thermal and Load Cycling
J Dent Res 67(3): 585-587; March (1988)
- 24 Davidson C.L.; A. De Gee J.; and A. Feilzer: The Competition between the Composite-Dentin Bond Strength and the Polymerization Stress
J Dent Res 63(12): 1396-1399, Dec (1984)
- 25 Davidson C.L.: Resisting the curing contraction with adhesive composies
J Prost Dent Vol 55, No 4: 446-447, April (1986)
- 26 Davila J. M., Gwinnet A. J., Robles J. C.: Marginal adap-

- tion of composit resins and dentinal bonding agents
J Dent Child Jan-Feb: 25-28 (1988)
- 27 Diaz-Arnold A.M., Williams V.D., Aquilino S.A.: A Review of
Dentinal Bonding in Vitro: The Substrate
Oper Dent 15: 71-75 (1990)
 - 28 Dijken J.W.V. van: Effect of Acid Etching on Microleakage
around and adaption of Composite Fillings
J Int Ass Dent Child 11: 33-40 (1980)
 - 29 Donly K.J., Wild T.W., Jensen M.E.: Posterior composite
Class II restorations: in vivo comparison of preparation
designs and restoration techniques
Dent Mater 6: 88-93, April (1990)
 - 30 Eakle W.S. and Nakamoto D.: Microleakage in MOD Composites
with Three Dentin Bonding Agents
Dent Mater Abstr.No.1584, 311 (1985)
 - 31 Eakle W.S.: Effect of thermal cycling in fracture strength
and microleakage in teeth restored with a bonded composite
resin
Dent Mater: 2: 114-117 (1986)
 - 32 Eakle W.S. and Ito R.K.: Effect of Insertion Technique on
Microleakage in MOD Composite Resins
Dent Mater 293 (1990)
 - 33 Eberhard H.: Qualitative und quantitative Randanalyse bei
Keramikinlays nach dem Cerec^R-System
Med Diss Erlangen-Nürnberg (1992)
 - 34 Edler T.L., Krikorian E. and Thompson V.P.: FTIR Surface
Analysis of Dentin and Dentin Bonding Agents
Dent Mater 458 (1991)

- 35 Feilzer A.J., De Gee A.J., and C.L. Davidson: Increased Wall-to-Wall Curing Contraction in Thin Bonded Resin Layers
J Dent Res 68(1): 48-50, January (1989)
- 36 Fett H.P., Mörmann W.H., Lutz F. and Krejci I.: Margin adaptation of computer machined Cerec^R - Inlays in vitro
J Dent Res 68: 324 (abstr. no. 1141) (1989)
- 37 Fisbein S., Holan G., Grajower R., Fuks A.: The effect of VLC Scotchbond and an incremental filling technique on leakage around class II composite restorations
J Dent Child 29-33, Jan-Feb (1988)
- 38 Fusayama A. and Kohno A.: Marginal closure of composite restorations with the gingival wall in cementum/dentin
J Prost Dent Vol 61: 293-296 (1989)
- 39 Garcia G.F., Cooley R.L., Ranly D.M. and Burger K.M.: Effect of dentin adhesives on sealant bond strength
J Clin Pediatr Dent 15(4): 241-3 Summer (1991)
- 40 Gross J.D., Retief D.H. and Bradley E.L.: Microleakage of posterior composite restorations
Dent Mater 1: 7-10 (1985)
- 41 Gwinnet A.J.: Dentin Bonding: Present Status
NYS Dental J 51: 635-637 Dec (1985)
- 42 Hahn R., Bahro R. und Löst C.: Partielle Non-Konditionierung keramischer Einlagefüllungen bei approximaler Schmelzdiskontinuität
Dtsch Zahnärztl Z 47, 432-435 (1992) 7
- 43 Haller B., Klaiber B. und Secknus A.: Randschluß zervikaler Kompositinlays in vitro
Dtsch Zahnärztl Z 45, 296-299 (1990) 5

- 44 Haller B., Klaiber B., Tarenz O. und Hofmann N.: Zur Verbundfestigkeit zwischen Kompositinlay und Befestigungskomposit
Dtsch Zahnärztl Z 45: 669-672 (1990) 10
- 45 Haller B., Klaiber B., Dürner U. und Hofmann N.: Dentinpermeabilität nach Behandlung mit Cleanern und Primern
Dtsch Zahnärztl Z 47, 171-175 (1992) 3
- 46 Hanks C.T., Parsell J.R., Strawn S.E. and Wataha J.C.: Cytotoxicity of Dentin Bonding Agents with Monolayer and Dentin Diffusion
J Dent Res 384 (1991)
- 47 Hannig M. und Albers H.-K.: Kompositinlays aus SR - Isosit im klinischen Kurzzeittest
Dtsch Zahnärztl Z 45, 236-239 (1990) 4
- 48 Hannig M.: Die marginale Adaptation von Kompositinlays aus SR-Isosit
ZWR 100.Jahrg, Nr.3: 164-168 (1991)
- 49 Hannig M., Rahlf B.: REM-Untersuchungen zur Frage der Oberflächenbearbeitung von Glasionomerezementfüllungen
Dtsch Zahnärztl Z 46, 232-235 (1991) 3
- 50 Hannig M., Weinle S., Albers H.-K.: Der Einfluß modifizierter Präparationsformen auf die Randqualität von Kompositinlays aus SR-Isosit
Dtsch Zahnärztl Z 46, 609-611 (1991) 9
- 51 Hansen E.K.: Visible Light-cured Composite Resins: Polymerisation Contraction, Contraction Pattern and Hygroskopic Expansion
Scand J Dent Res 90: 329-335 (1982)
- 52 Hansen E.K. and Asmussen E.: Cavity preparation for resto-

- relative resins used with dentin adhesives
J Dent Res 93: 474-9 (1985)
- 53 Hansen E.K. and Asmussen E.: Comparative study of dentin adhesives
Scand J Dent Res 93: 280-7 (1985)
- 54 Hansen E.K. and Asmussen E.: Effect of postponed polishing on marginal adaption of resins used with dentin bonding agent
Scand J Dent Res 96: 260-4 (1988)
- 55 Hansen E. K.: Three-year study of cervical erosions restored with resin and dentin-bonding agent
Acta Odontol Scand 47: 301-306 (1989)
- 56 Hansen E. K. and Asmussen E.: Efficiency of dentin-bonding agents in relation to application technique
Acta Odontol Scand 47: 117-120 (1989)
- 57 Hansen E. K., Asmussen E.: Marginal adaptation of posterior resins: Effect of dentin-bonding agent and hygroscopic expansion
Dent Mater 5: 122-126, March (1989)
- 58 Hansen E. K. and Munskaard E. C.: Saliva contamination vs. efficacy of dentin-bonding agents
Dent Mater 5: 329-333, September (1989)
- 59 Hellwig E., Klimek J. und Schmidt Chr.: Primäre Paßgenauigkeit von im indirekten Verfahren hergestellten Komposit - Inlays
Dtsch Zahnärztl Z 46, 148-151 (1991) 2
- 60 Hellwig E., Klimek J. und Achenbach K.: Auswirkungen der Schichttechnik auf die Polymerisation von zwei lichthärtenden Komposit-Füllungsmaterialien

Dtsch Zahnärztl Z 46, 270-273 (1991) 4

- 61 Herforth A. und Seichter U.: Experimentelle Untersuchung über die Wiedergabegenauigkeit von Replikas bei Kronenaufbauten mit Komposites
Dtsch Zahnärztl Z 35, 410-414 (1980)
- 62 Hetz G. und Martin G.: Gießbare Glaskeramik - Eine neue Restaurationstechnik
Zahnärztl Praxis 3: 90-96 (1987)
- 63 Hickel R.,: Einsatzgebiete und -verfahren von Glasionomerelement als Füllungsmaterial
Zahnärztl Mitteilungen 8: 74. Jahrgang, 914-919 (1989)
- 64 Hickel R., Heid M., Kunzelmann K.-H. und Petschelt A.: Durchhär்த்தiefe von lighthärtenden Kompositen unter Keramik
Dtsch Zahnärztl Z 47: 182-185 (1992) 3
- 65 Hickel R., Eberhard H., Kunzelmann K.-H., Petschelt A.: Randspaltbildung bei Adhäsivinlays mit und ohne Randanschra-
gung
Dtsch Zahnärztl Z 47: 185-188 (1992) 3
- 66 Hofmann N., Klaiber B. und Heners M.: Okklusale Rand-
schlußqualität von Cerec^R - Inlays nach mehrmonatiger Trage-
dauer
Dtsch Zahnärztl Z 45, 289-292 (1990) 5
- 67 Hofmann N.: Die Herstellung und Eingliederung von computer-
gefrästen Keramik-Inlays
ZWR 99.Jahrg. Nr.7, 530-537, (1990)
- 68 Hume W. R. and Mount G. J.: In Vitro Studies on the Poten-
tial for Pulpal Cytotoxicity of Glas-Ionomer Cements
J Dent Res 67(6): 915-918, June (1988)

- 69 Isenberg B.P., Leinfelder K.F. and McCarthy C.D.: Efficiency of Beveling Posterior Composite Resin Restorations
J Dent Res 38, 419-420 (1988)
- 70 Isenberg B.P., Essig M.E., Mueninghoff L.M. and Leinfelder K.F.: Clinical Evaluation of Cerec CAD/CAM Restorations
Dent Mater Abstract No. 1595 (1990)
- 71 Jørgensen K.D., Itoh K., Munksgaard E.C. and Asmussen E.: Composite wall-to-wall polymerisation contraction in dentin cavities treated with various bonding agents
Scand J Dent Res 93: 276-9 (1985)
- 72 Johnson G.H., Powell L.V., Gordon G.G.: Dentin Bonding Systems: A Review Of Current Products And Techniques
JADA, Vol. 122, July (1991)
- 73 Joynt R.B., Davis E.L., Wieczkowski G., Yu XY.: Dentin Bonding Agents and the Smear Layer
Oper Dent 16: 186- 191 (1991)
- 74 Keate K.C., Woolsey G.D.: The Dentin-Resin Bond: A Report on the 'Classical' and 'New Generation' Adhesives
Texas Dent J Dec: 6-11 (1988)
- 75 Kostka E.C., Noack M.J., Blunck U., Roulet J.F.: Einfluß von Dentinhaftmitteln auf den Randschluß keramischer Inlays
Dtsch Zahnärztl Z 46, 615-617 (1991) 9
- 76 Krejci I. and Lutz F.: Marginal Adaption of Class V - restorations using different restorative techniques.
J Dent Res 67: 119, Abstr. 56 (1988)
- 77 Krejci I.; U. Picco und F. Lutz: Dentinhaftung bei zahnfarbenen adhäsiven MOD-Sofortinlays aus Komposit
Schweiz Monatsschr Zahnmed 100: 1151-1159 (1990)

- 78 Krejci I., Lutz F. und Perisic U.: Auswirkungen der Verarbeitungstechnik auf die Dentinhaftung
Schweiz Monatsschr Zahnmed Vol. 102: 924-929, 8 (1992)
- 79 Krejci I., Sägesser D. und Lutz F.: Optimierung der Dentinhaftung in gemischten Klasse-V-Kavitäten
Schweiz Monatsschr Zahnmed, Vol. 102: 32-35, 1 (1992)
- 80 Kullmann W.: Komposit-Kunststoffe - neuartige Füllstoffe, Härtungstechnologie und "Dentinhalt"-Vermittler
Dtsch Zahnärztl Z 41, 735-738 (1986)
- 81 Kunzelmann K.-H., Hickel R.: Zur Präzision des CEREC^R-Systems: Die Schleifeinheit
Dtsch Zahnärztl Z 45, 277-280 (1990)
- 82 Kunzelmann K.-H. und Hickel R.: Spannungsentwicklung durch Polymerisationsschrumpfung bei Komposit - Klebern
Dtsch Zahnärztl Z 45, 699-700 (1990) 11
- 83 Lambrechts P.; Braem M.; Vanherle G.: Klinische Erfahrungen mit Composites und Dentin-Adhäsiven im Seitenzahnbereich
Phillip Journal 1: 12-28 (1988)
- 84 Leinfelder K.F., Russell C.M., Thornton R.J., Cowen R.G. and Walker C.K.: Efficacy of The Dentin Bonding Agents, Part I : Their Effectiveness in Reducing Microleakage
J Alabama Dent Assoc Vol. 70: 13-20, Winter (1986)
- 85 Leewen M.J. Van, Dogon I.L., Norris D. and Heeley J.: A Histological Investigation of two Dentin Bonding Agents
IADR Abstracts 268 (1982)
- 86 Lundin S.-A.: Studies on Posterior Composite Resins with Special Reference to Class II Restorations
Swedish Dent J Supp 73 (1990)

- 87 Lundin S.-A. and Noren J. G.: Marginal leakage in occlusally loaded, etched, class-II composit resin restorations
Acta Odontol Scand 49: 247-254, Oslo, 0001-6357 (1991)
- 88 Marolf R., Roulet J.-F., Mörmann W.H. und Lutz F.: Kompositinlays - Randqualität und Verschleiß nach 6 Monaten
Schweiz Mschr Zahnmed 94, Nr. 12: 1215-1224 (1984)
- 89 Meeker H.G., Marks A.: Clinical Applications For Dentin Bonding
NYS Dental J 53: 17-20, May (1987)
- 90 Meyer B.J., Mörmann W., Lutz F.: Optimierung der Puderapplikation bei der CEREC^R-Methode mit umweltfreundlichen Treibgassystemen
Schweiz Mschr Zahnmed 12: 100, (1990)
- 91 Mörmann W., Brandestini M., Lutz F.: Das CEREC^R-System: Computergestützte Herstellung direkter Keramikinlays in einer Sitzung
Quintessenz 3, 457-470 (1987)
- 92 Mörmann W., Brandestini M., Lutz F., Barbakow T.: Chairside computer-aide direkt ceramic inlays
Quintessence Int Vol.20, Number 5: 329-339 (1989)
- 93 Mörmann W., Brandestini M., Lutz F., Barbakow F. und Gotsch T.: CAD - CAM ceramik inlays and onlays: a case report after 3 years in place
JADA Vol. 120: 517-521, May (1990)
- 94 McConnell R.J., Boksman L., Hunter J.K., Gratton D.R.: The effect of restorative materials on the adaption of two bases and a dentin bonding agent to internal cavity walls
Quintess Int Vol. 17, Number 11 (1986)
- 95 Munksgaard E.C., Itoh K. and Jörgensen K.D.: Dentin-Polymer

Bond in Resin Fillings Tested in vitro by Thermo- and Load-cycling

J Dent Res 64(2): 144-146, February (1985)

- 96 Nolden R.: Bonding of restorative materials to dentin: the present status in the Federal Republik of Germany
Int Dent J 35: 166-172 (1985)
- 97 Nolden R.: Kompositfüllungen im Seitenzahn ?
Zahnärztl Mitteilungen 79, 926-928 (1989)
- 98 Noort R. van and Northeast S.E.: The potential clinical consequences of the new dentine-bonding resins
Brit Dent J 20, December (1986)
- 99 Pantke A.: Zur Reproduzierbarkeit von Oberflächenrauigkeiten in vivo mittels Elastomer, Kunststoff und Replika
Dtsch Zahnärztl Z 45, 341-344 (1990) 6
- 100 Phillips R.W.. Composite Resin Systems
Anals Academy of Medicine Vol. 15 No. 3, July (1986)
- 101 Pintado M.R.: Vergleich der Undichtigkeit bei zwei verschiedenen Dentinhaftvermittlersystemen
Die Quintessenz 5: 857-860 (1989)
- 102 Pokarier M., Gage J.P.: A laboratory study of the effect of thermocycling in saline and artificial saliva on two dentine bonding agents
Austr Dent J 34(3): 266-71 (1989)
- 103 Prati C., Nucci C., Davidson C.L. und Montanari G.: Early marginal leakage and shear bond strength of adhesive restorative systems
Dent Mater 6: 195-200, July (1990)
- 104 Ramm B. und Hofmann G.:

Biomathematik und medizinische Statistik
Ferdinand Ende Verlag Stuttgart

- 105 Reich E., Schmalz G. und Federlin M.: Randspaltverhalten von Keramik- und Kompositinlays in vitro
Dtsch Zahnärztl Z 45: 656-660 (1990) 10
- 106 Reinhardt K.-J. und Smolka R.: Kunststoffe im Seitenzahn-
bereich - Füllung oder Inlay?
Dtsch Zahnärztl Z 43: 909-913 (1988)
- 107 Reinhardt K.-J.: Der Einfluß der Lichtquelle auf die Rand-
ständigkeit von Kompositfüllungen
Dtsch Zahnärztl Z 46: 132-134 (1991) 2
- 108 Renert H., Ben-Amar A., Gordon M., Judes H.,: The Current
Status of Dentin Adhesives
Compend Contin Educ Dent Vol.VIII, No.7: 510-516
- 109 Retief H.: Are Adhesive Techniques Sufficient to Prevent
Microleakage ?
Oper Dent 12: 140-145 (1987)
- 110 Rigsby D., Retief D.H. und Denys F.R.: Marginal Leakage and
Marginal Gap Dimensions of three Dentinal Bonding Systems
Dent Mater Abstr. No. 162, 129 (1990)
- 111 Rose D., Platzner U. und Roth K.K.-F.: Untersuchungen zur
Kompositfuge bei computererstellten Keramikinlays
Dtsch Zahnärztl Z 45, 677-679 (1990) 10
- 112 Roulet J.-F., Rosansky I. und Geppert W.: In vitro marginal
seal of MOD Dicor inlays luted with adhesive techniques.
J Dent Res Abstr. No. 1578, 310 (1988)
- 113 Rueggeberg F.A.: Substrate for adhesion testing to tooth
structure. - Review of the literature

Dent Mater 7: 2-10, (1991)

- 114 Ruppert W.: Parameter des Thermocycling
Med Diss Erlangen-Nürnberg (1992)
- 115 Sachs L.:
Statistische Methoden / Ein Soforthelfer
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York (1970)
- 116 Schaller H.-G., Götze W. und Bertrams U.: Prüfung der
Wandständigkeit verschiedener Kompositkinststoffe im Sei-
tenzahnbereich
Dtsch Zahnärztl Z 43: 914-918 (1988)
- 117 Scherer W., Kaim J., Weiner S. und Weiner E.: Third Genera-
tion Dentin Bonding Agents: A Microleakage Study.
Dent Mater Abstr.No. 166, 129 (1990)
- 118 Sheth J.J., Fuller J.L. and Jensen M.E.: Cuspal deformation
and fracture resistance of teeth with dentin adhesives and
composites
J Prost Dent 60: 560-569 (1988)
- 119 Shortall A. and Asmussen E.: Influence of dentin-bonding
agents and a glassionomer base on cervical marginal seal of
Class II composite restorations
Scand J Dent Res 96: 590-4 (1988)
- 120 Siegel S.: Nichtparametrische Statistische Methoden
Fachbuchhandlung für Psychologie
Verlagsabteilung
Eschborn bei Frankfurt a.M. 1987
- 121 Smith R.A., Bellezza J.J., Capilouto M.L., Bradley E.L.,
Denys F.R., Retief D.H.: A clinical study of the composi-
te/bonding resin-tooth interface
Dent Mater 3: 218-223 (1987)

- 122 Srisawasdi S., Boyer D.B. and Reinhardt J.W.: Effect of the Dentinal Smear Layer on Mikroleakage of Restorations
J Dent Res 310, (1988)
- 123 Staninec M., Tonn E.M., Holt M. und Morton S.: Microleakage of Three Composite Resins with Bonding Agents
Dent Mater 293, (1990)
- 124 Strassler H.E. and Litkowski L.J.: Dentin Bonding with Composite Resin: An Update on Materials and Techniques
Compend Contin Educ Dent, Vol. VIII, No.5, 319-330 (1987)
- 125 Stawn S.E., Nassiri M.R., Hanks C.T., Ameron M., Watcha J.C. und Craig R.G.: Bis-GMA and UDMA Effects on Cell Metabolism and Cell Cycle
J Dent Res Abstr.No. 948, 384 (1991)
- 126 Susuki M., Gwinnet A.J., Jordan R.E.: Relationship between composite resins and dentin treated with bonding agents
JADA Vol.118: 75-77, January (1989)
- 127 Tagami J., Tao L. and Pashley D.H.: Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins
Dent Mater 6: 45-50, January (1990)
- 128 Tolen F.: Der Einfluß der Vermessungspuderapplikation auf die Passform von CEREC^R-Inlays
Med Diss Zürich (1990)
- 129 Triadan H.: Restauration: Adhäsiv-Technik am Zahnhartgewebe (Schmelz und Dentin)
Quintessenz 1: 33-39, Januar (1985)
- 130 Vanherle G., Verschueren M., Lamprechts P. and Braem M.: Clinical investigation of dental adhesive systems. Part I:

An in vivo study

J Prost Dent Vol.55, No.2, February (1986)

- 131 Walker J. and Lacy A.: Cervical microleakage in Class II posterior composite resin restorations
Dent Mater 346 (1991)
- 132 Wendt S.L.: Microleakage/Cusp fracture in a Heat-Treated Composite Resin Inlays
Dent Mater Abstr.No. 164, 129 (1990)
- 133 Wet de F.A., Exner H.V., Preez du I.C. und Niekork van J.P.: The effect of placement technique on marginal adaptation of posterior resins
Tydskr Tandheelkd Ver S Afr 46(3): 171-4, Mar (1991)
- 134 Wiseman M.A., Stangel I., Germinario R.J.: Cytotoxicity of Scotchbond Assessed by a Modified Chromium-51 Release Method
IADR/AADR Abstracts (1985)
- 135 Youngson C.C., Grey N.J. and Martin D.M.: In vitro marginal microleakage associated with five dentine bonding systems and associated composite restorations
J Dent 18: 203-208 (1990)
- 136 Zidan O., Gomez-Marin O. and Tsuchiya T.: A Comparative Study of the Effects of Dentinal Bonding Agents and Application Techniques on Marginal Gaps in Class V Cavities
J Dent Res 66(3): 716-721, March (1987)

7 Anhang

7.1 Abkürzungen

DBA	=	Dentin Bonding Agent
GIZ	=	Glass Ionomer Zement
PK	=	Polymerisationskontraktion
PMMA	=	Polymethylmethacrylat
REM	=	Rasterelektronenmikroskop
SÄT	=	Schmelz-Ätz-Technik
SHV	=	Schmelzhaftvermittler
SZG	=	Schmelz-Zement-Grenze
TWL	=	Themowechselast
Uf	=	Unterfüllung
VG	=	Versuchsgruppe

7.2 Abbildungen, Anlagen, REM-Bilder und Tabellen

7.2.1 Abbildungen

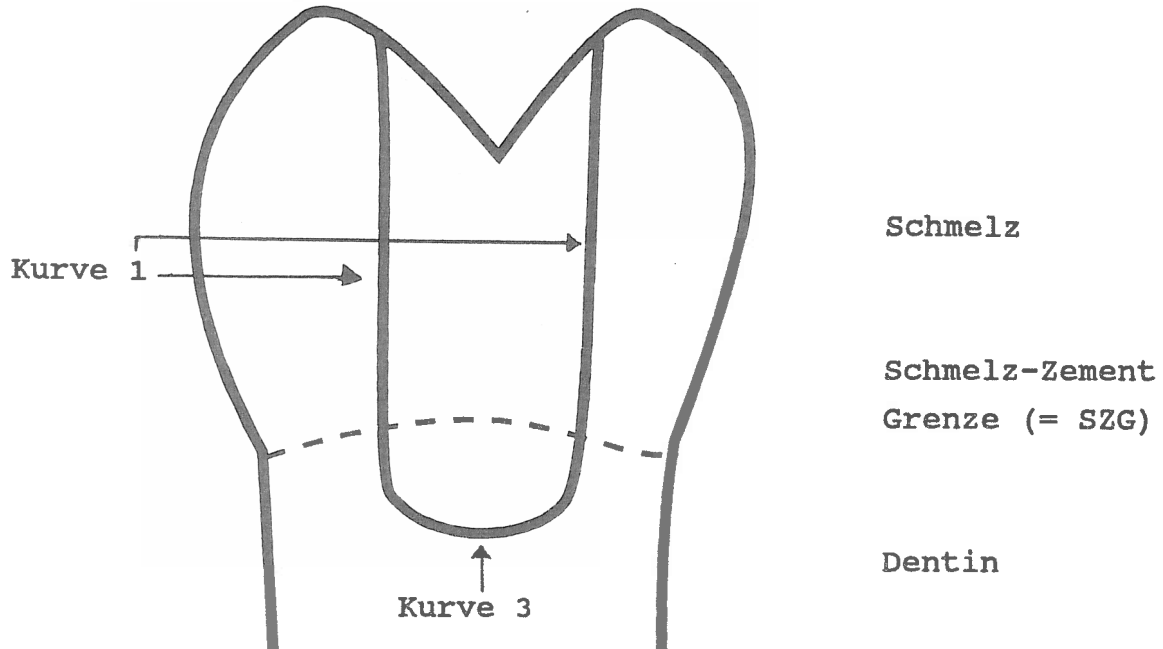


Abb. 1: betrifft Versuchsgruppen 1-5 (plastische Füllungen)

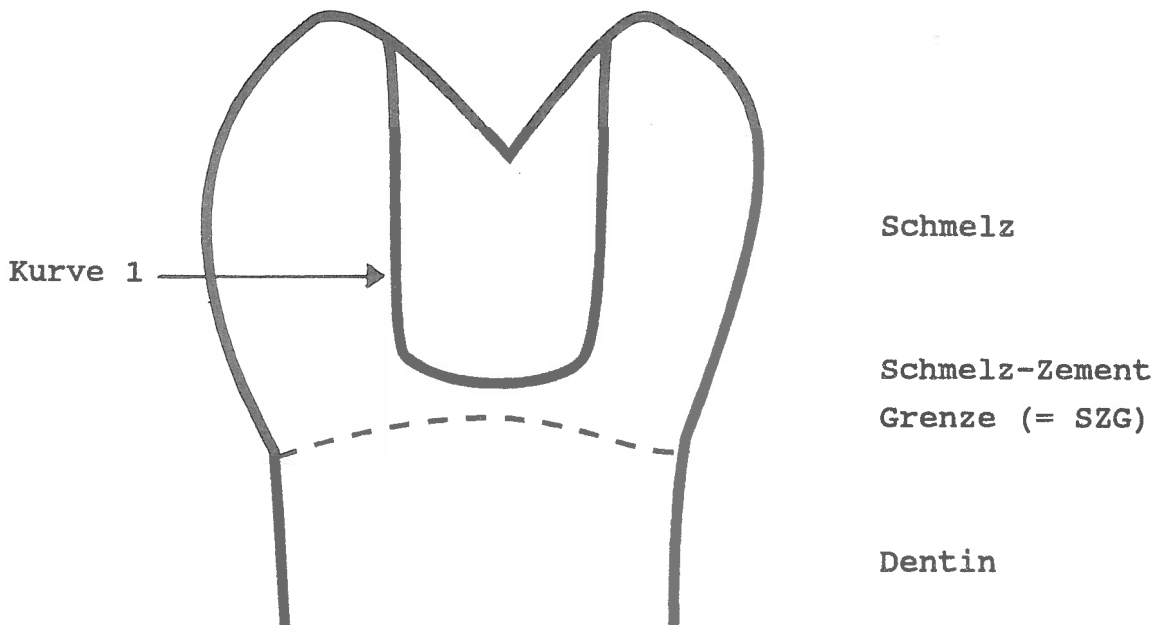


Abb 2: betrifft Versuchsgruppe 6 (plastische Füllung)

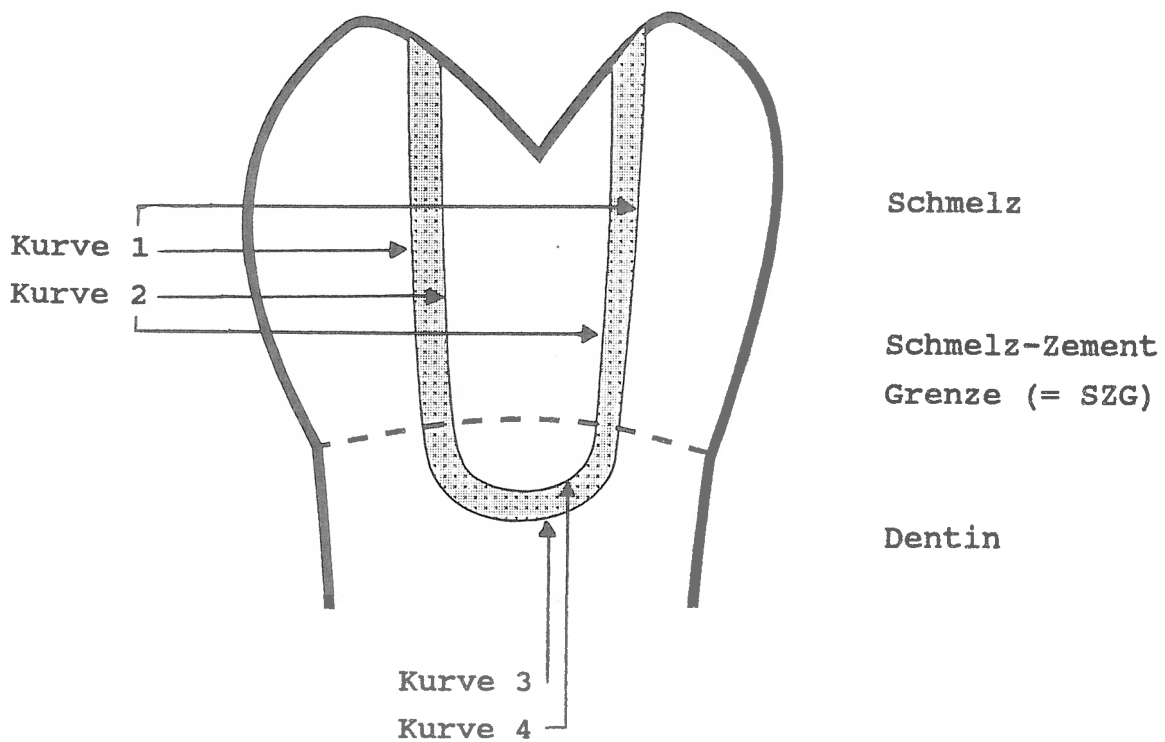


Abb. 3: betrifft Versuchsgruppen 7-10 (Inlays)

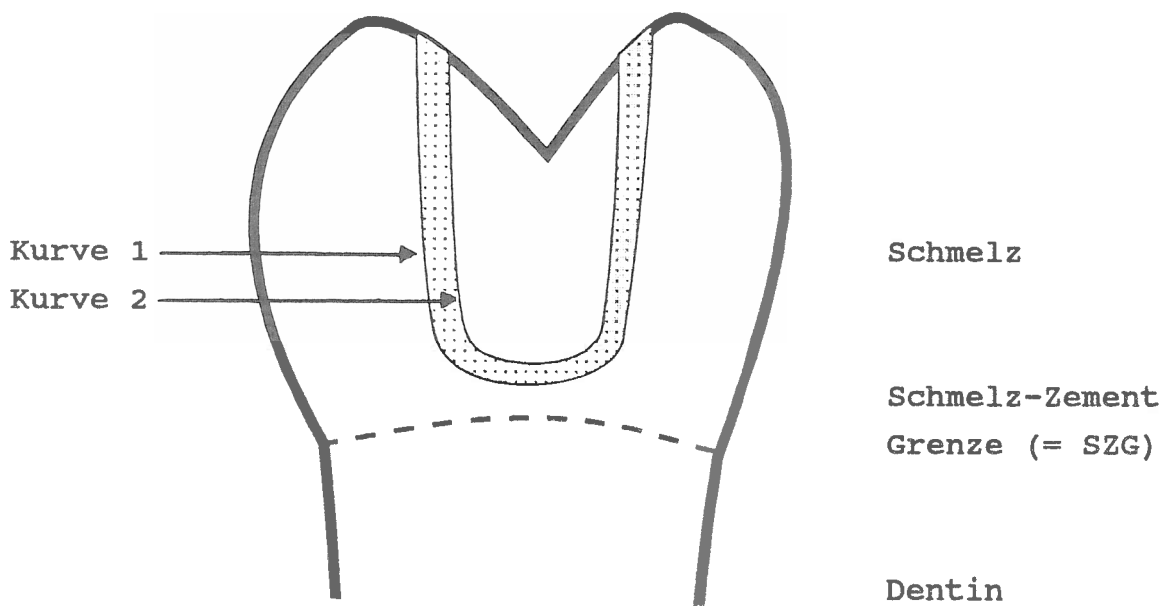
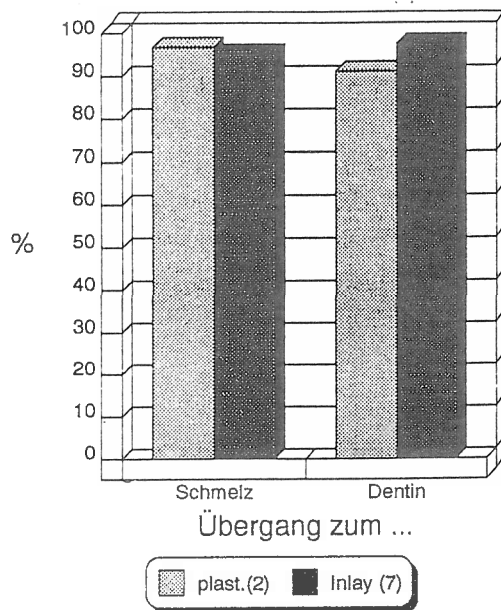


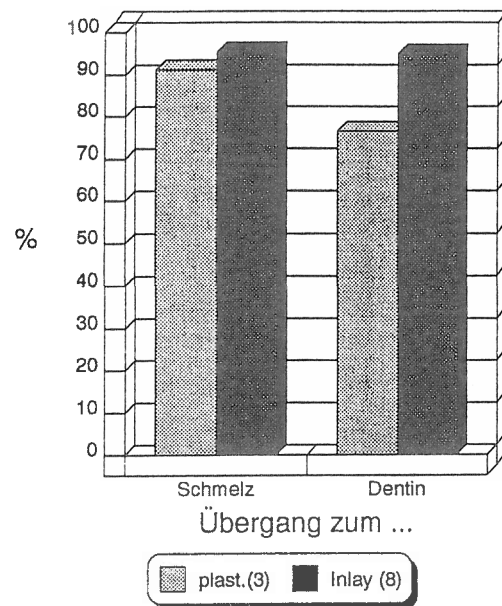
Abb 4: betrifft Versuchsgruppe 11 (Inlays)

Vergleich plastische Füllung - Inlay vor Thermocycling



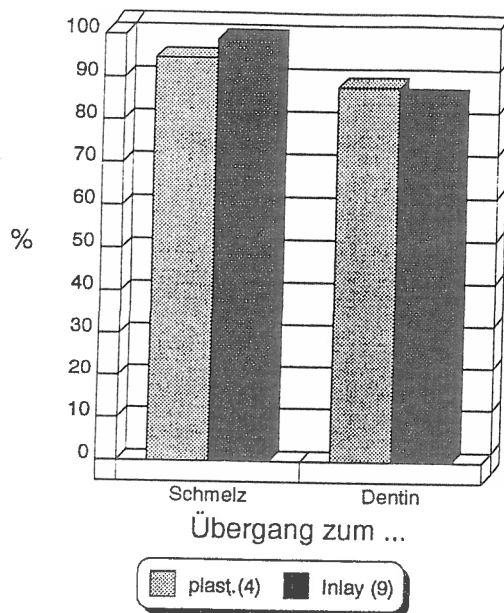
96,71/95,11	p=0,5578	91,12/97,40	p=0,0781
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 5: Perfekter Rand bei VG 2+7 vor Thermocycling



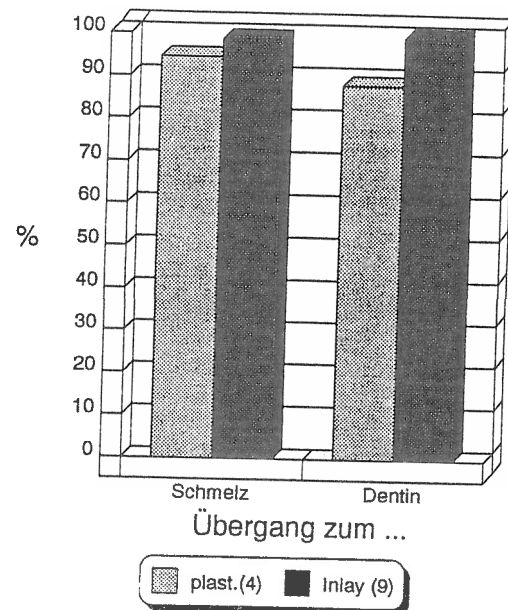
91,29/95,40	p=0,5292	76,40/94,98	p=0,0004
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 6: Perfekter Rand bei VG 3+8 vor Thermocycling



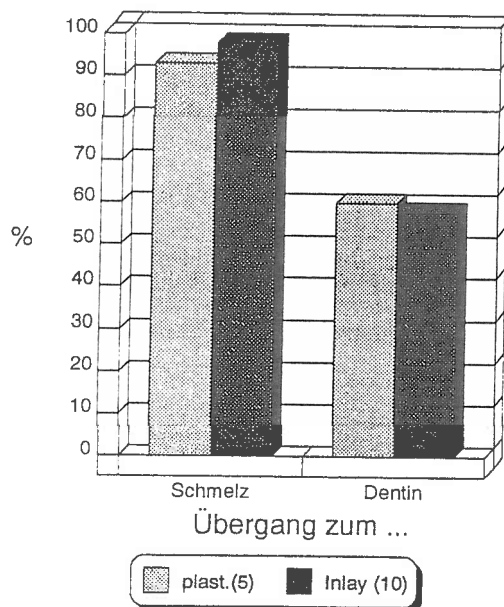
94,63/99,03	p=0,0324	88,08/85,60	p=0,6781
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 7: Perfekter Rand bei VG 4+9* vor Thermocycling



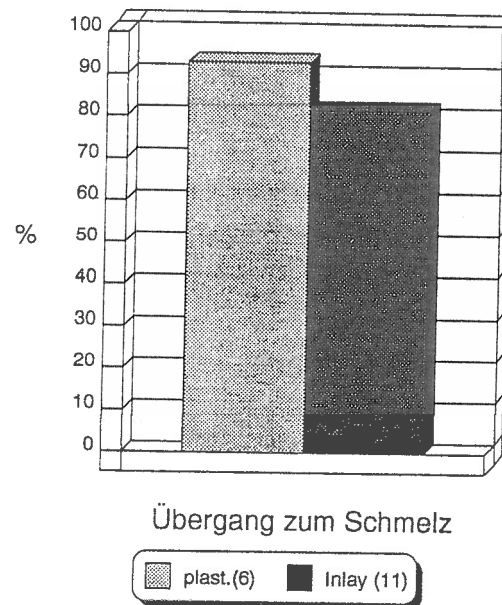
94,63/98,83	p=0,0670	88,08/93,47	p=0,1944
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 8: Perfekter Rand bei VG 4+9 vor Thermocycling



93,11/98,06	p=0,0141	60,18/58,17	p=0,6442
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 9: Perfekter Rand bei VG 5+10 vor Thermocycling



93,05/81,69	p=0,0010
-------------	----------

Abb. 10: Perfekter Rand bei VG 6+11 vor Thermocycling

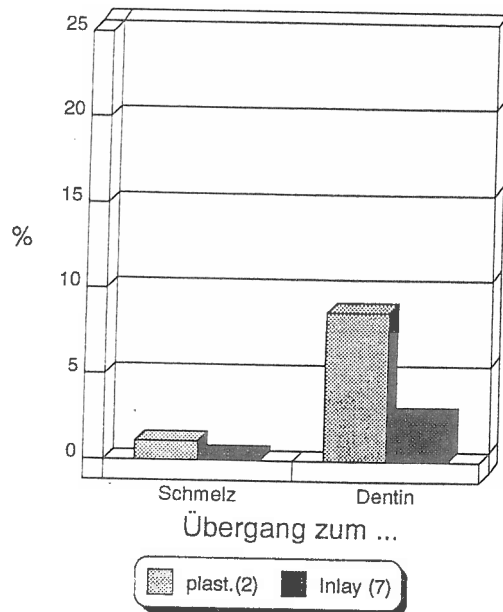


Abb. 11: Randspalt bei VG 2+7
vor Thermocycling

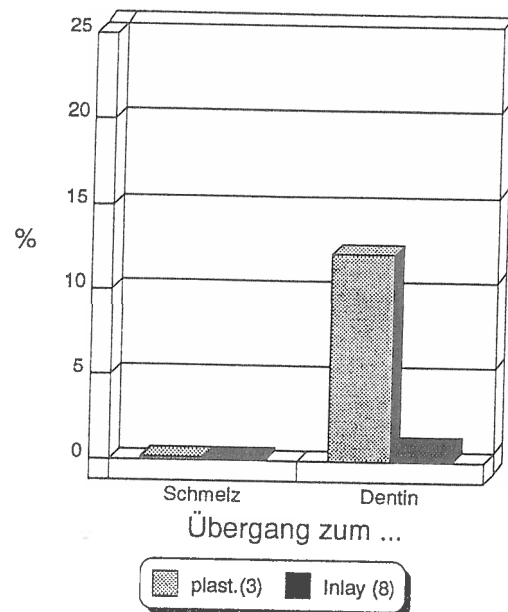


Abb. 12: Randspalt bei VG 3+8
vor Thermocycling

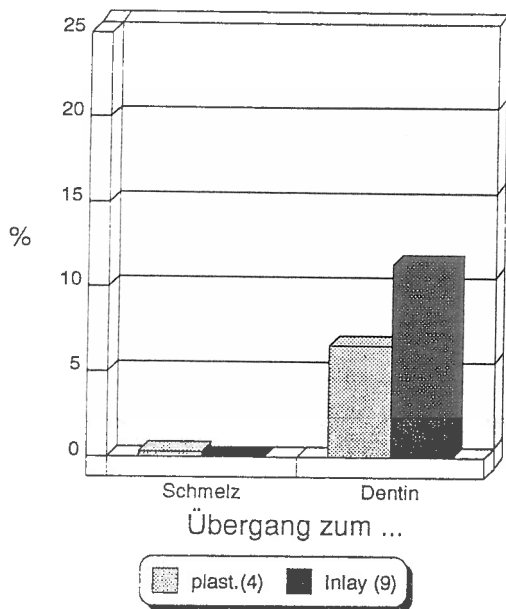


Abb. 13: Randspalt bei VG 4+9*
vor Thermocycling

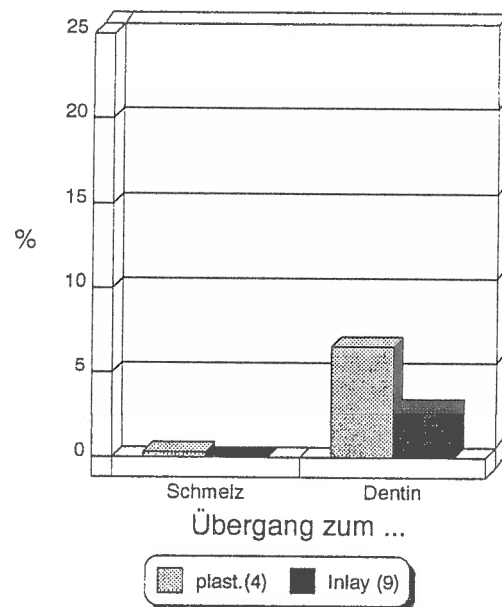


Abb. 14: Randspalt bei VG 4+9
vor Thermocycling

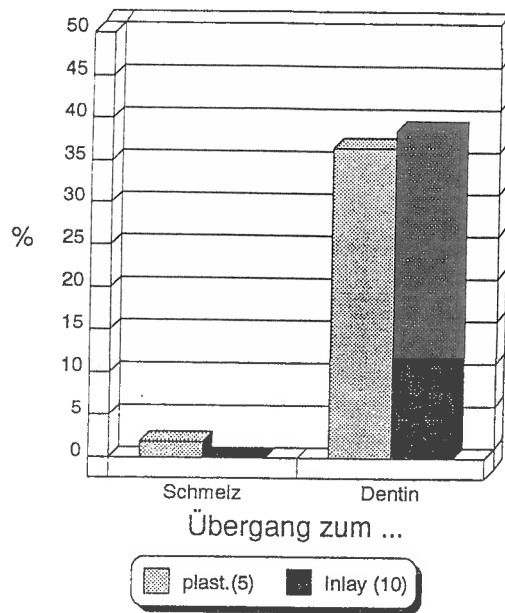


Abb. 15: Randspalt bei VG
5+10 vor Thermocycling

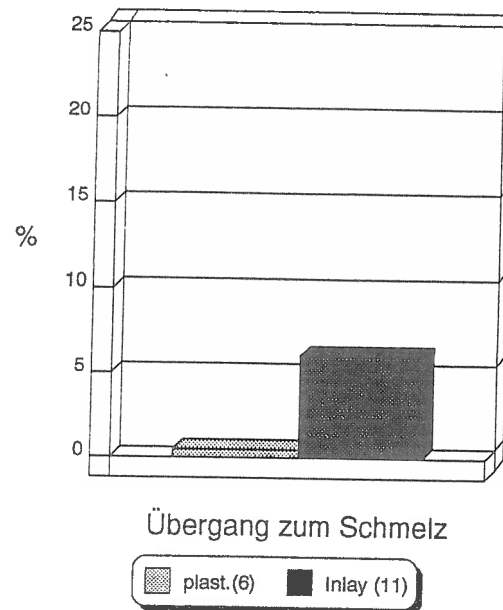
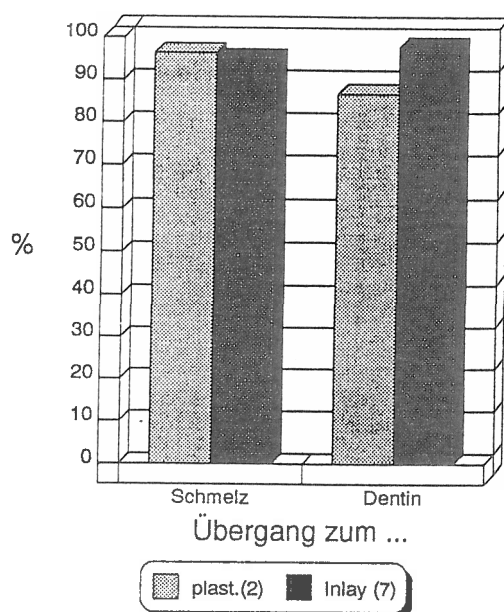


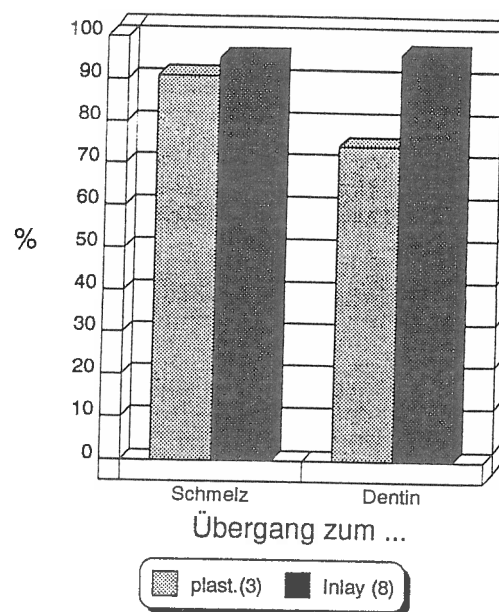
Abb. 16: Randspalt bei VG
6+11 vor Thermocycling

Vergleich plastische Füllung - Inlay nach Thermocycling



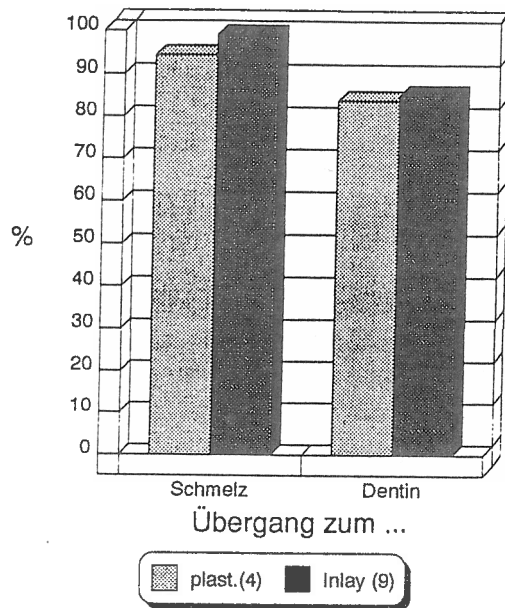
96,36/94,96	p=0,5171	86,80/97,87	p=0,0027
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 17: Perfekter Rand bei VG
2+7 nach Thermocycling



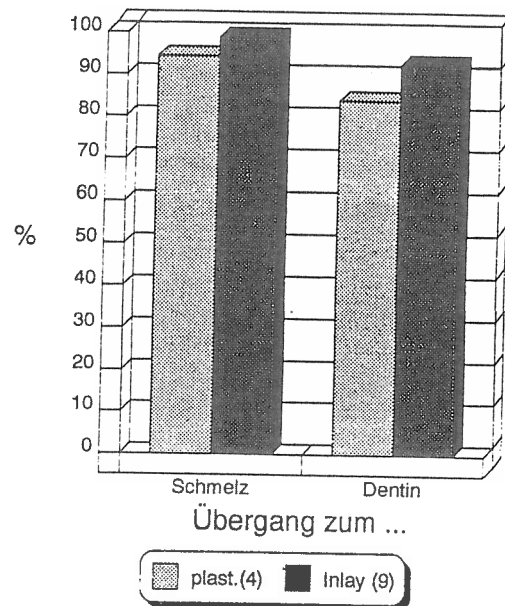
90,97/95,14	p=0,7344	74,32/96,18	p=0,0003
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 18: Perfekter Rand bei VG
3+8 nach Thermocycling



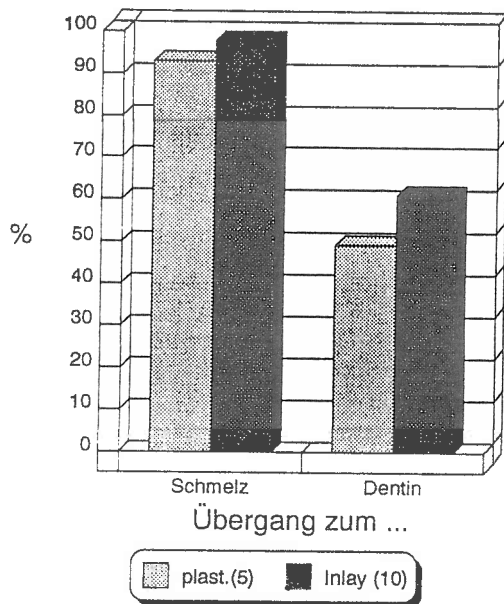
94,44/99,10	p=0,0199	83,98/85,24	p=0,4803
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 19: Perfekter Rand bei VG 4+9* nach Thermocycling



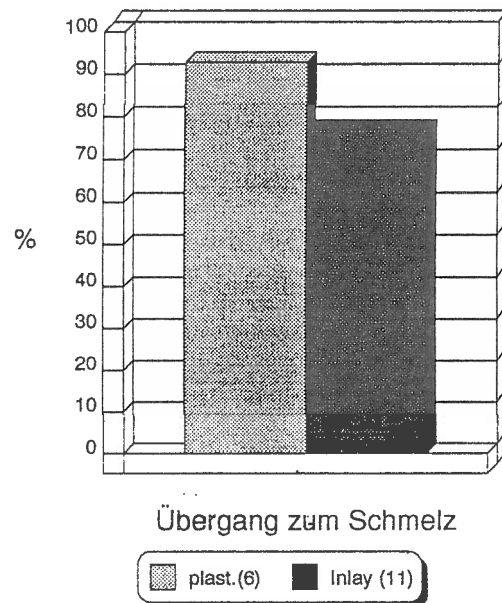
94,44/98,92	p=0,0410	83,98/92,61	p=0,1049
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 20: Perfekter Rand bei VG 4+9 nach Thermocycling



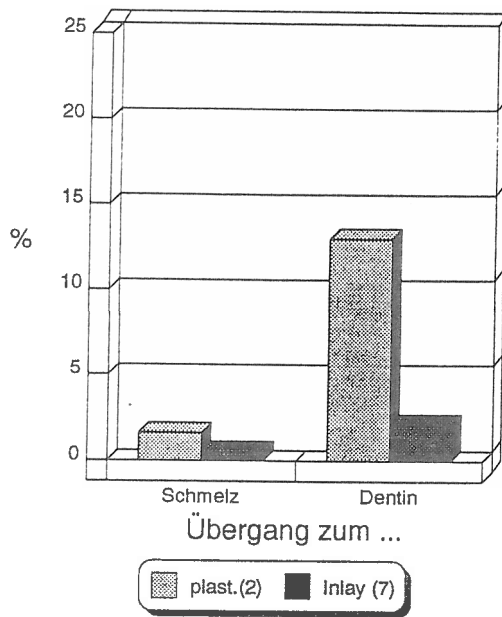
93,03/97,80	p=0,0333	49,35/61,09	p=0,2482
-------------	----------	-------------	----------

Abb. 21: Perfekter Rand bei VG 5+10 nach Thermocycling



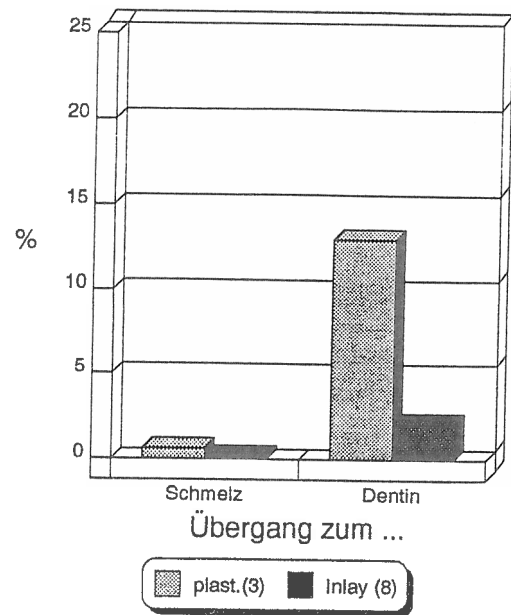
92,91/77,10	p=0,0003
-------------	----------

Abb. 22: Perfekter Rand bei VG 6+11 nach Thermocycling



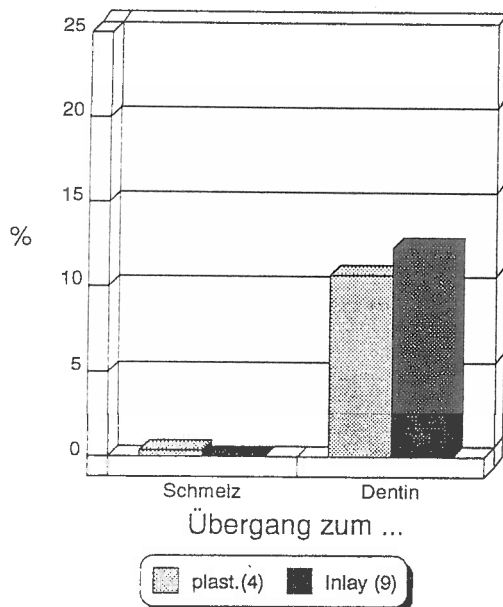
1,61/0,53	p=0,0442	13,00/2,14	p=0,0027
-----------	----------	------------	----------

Abb. 23: Randspalt bei VG 2+7
nach Thermocycling



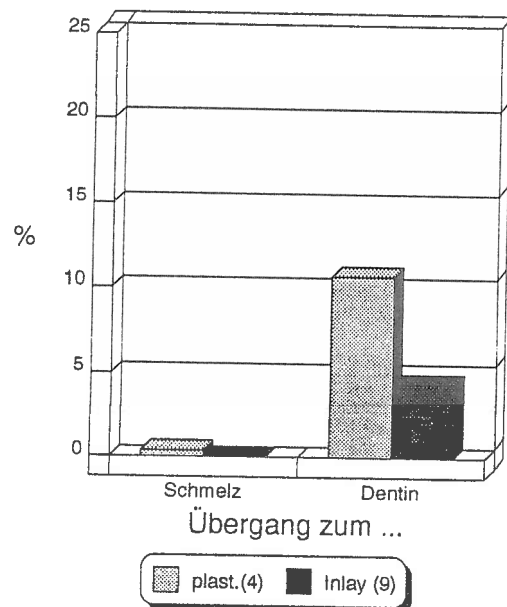
0,62/0,21	p=0,3066	14,33/0,87	p=0,0003
-----------	----------	------------	----------

Abb. 24: Randspalt bei VG 3+8
nach Thermocycling



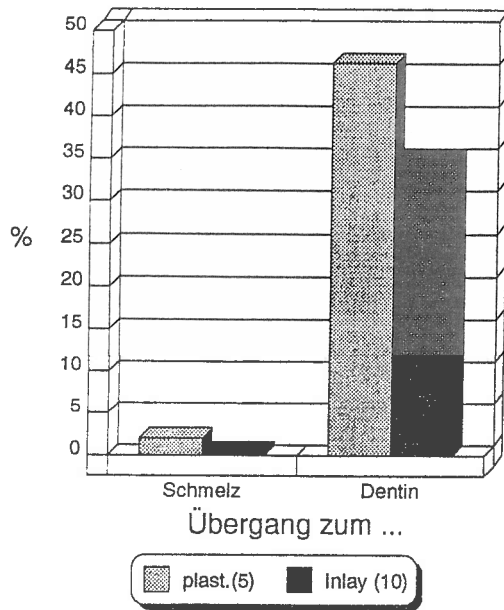
0,37/0,00	p=0,1486	10,69/12,31	p=0,4102
-----------	----------	-------------	----------

Abb. 25: Randspalt bei VG 4+9*
nach Thermocycling



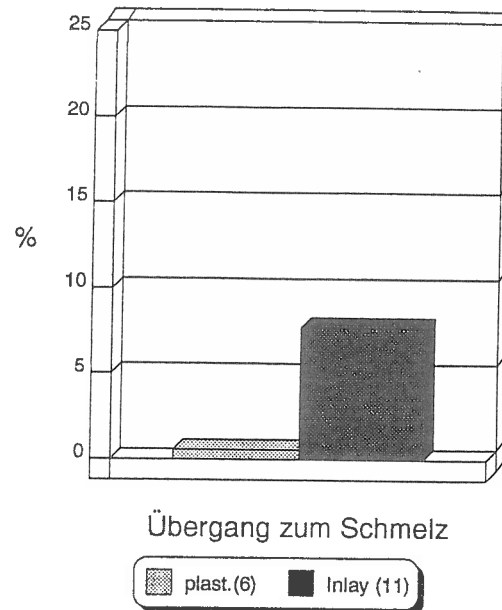
0,37/0,00	p=0,1864	10,69/4,46	p=0,0790
-----------	----------	------------	----------

Abb. 26: Randspalt bei VG 4+9
nach Thermocycling



2,03/0,39	p=0,0371	46,25/35,06	p=0,2727
-----------	----------	-------------	----------

Abb. 27: Randspalt bei VG
5+10 nach Thermocycling



0,57/7,74	p=0,0001
-----------	----------

Abb. 28: Randspalt bei VG
6+11 nach Thermocycling

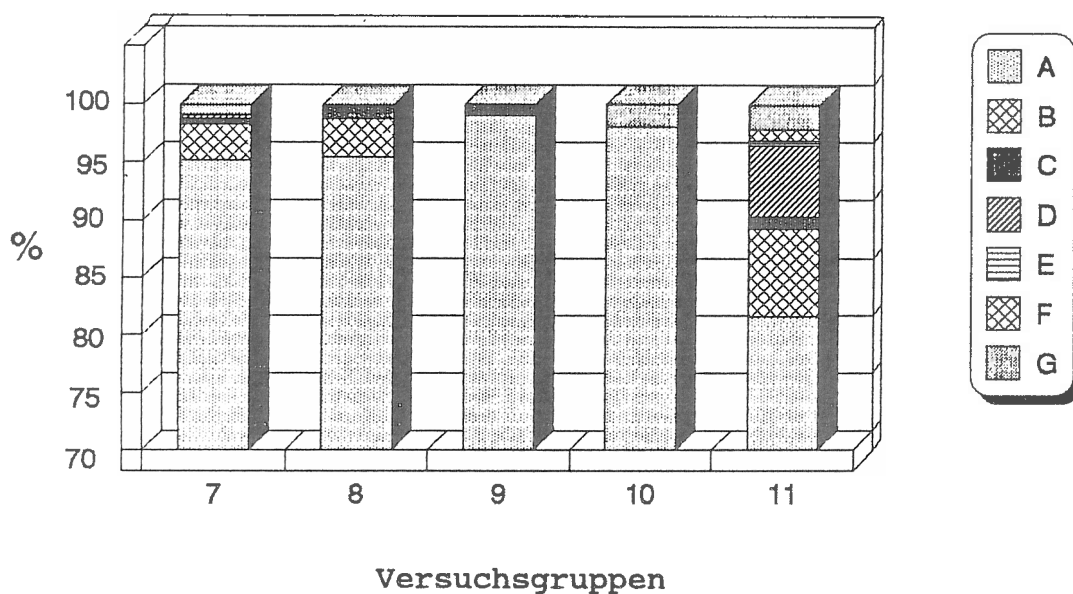
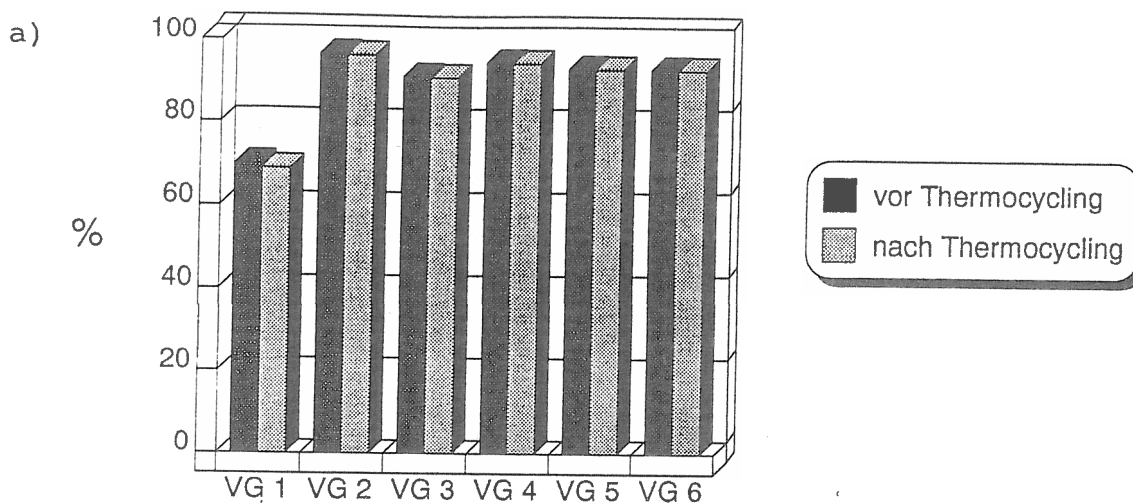


Abb. 29: Vergleich der Bewertungskriterien im Schmelz vor und nach Thermocycling

7.2.2 Anlagen



b)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6
mean	70,13/ 69,03	96,71/ 96,36	91,30/ 90,97	94,64/ 94,44	93,11/ 93,03	93,05/ 92,91
std. dev.	27,31/ 26,91	6,04/ 5,91	18,99/ 18,63	6,04/ 5,81	6,88/ 7,38	6,61/ 6,75
p =	0,349	0,398	0,431	0,484	0,864	0,562

t - Test

c)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6
VG 1						
VG 2	,0002					
VG 3	,0022	,4502				
VG 4	,0003	,4064	,1951			
VG 5	,0015	,1191	,0891	,4830		
VG 6	,0008	,0389	,0328	,5236	,8850	

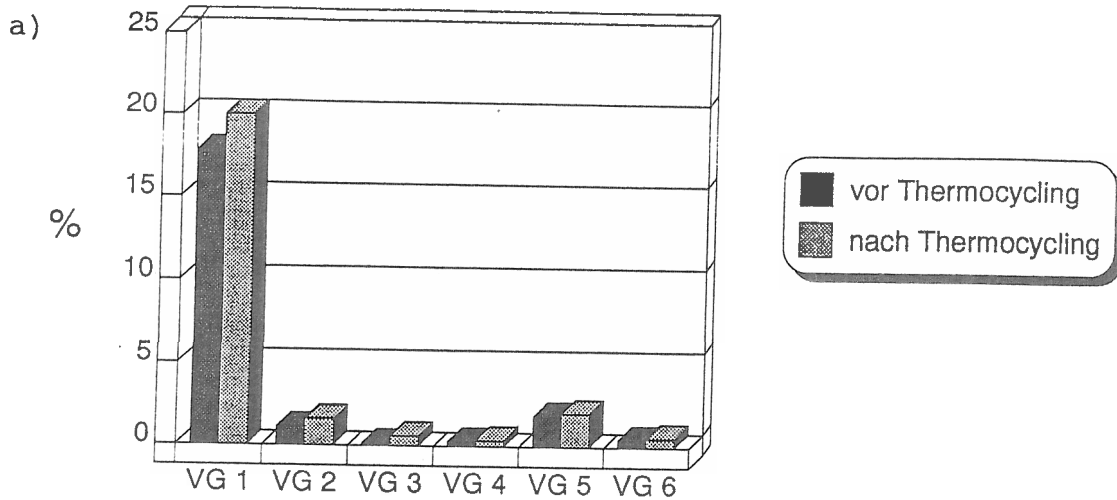
Mann - Whitney - U - Test

d)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6
VG 1						
VG 2	,0001					
VG 3	,0024	,6436				
VG 4	,0003	,3737	,3020			
VG 5	,0008	,1669	,1976	,7258		
VG 6	,0010	,0861	,0639	,4865	,7946	

Anlage 1: **Perfekter Rand** bei plastischen Füllungen (VG 1-6) am Übergang von Schmelz zu Füllung (Kurve 1A)

- a) graphische Darstellung, b) Einzelwerte,
 c) Signifikanzprüfungen vor Thermocycling ($p =$),
 d) Signifikanzprüfungen nach Thermocycling ($p =$)



b)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6
mean	17,82/ 20,00	1,11/ 1,61	0,16/ 0,62	0,30/ 0,37	1,87/ 2,03	0,48/ 0,57
std. dev.	20,09/ 22,42	1,26/ 2,09	0,57/ 1,25	0,71/ 0,92	2,35/ 2,40	1,67/ 1,98
p =	0,148	0,604	0,243	0,351	0,725	0,339

t - Test

c)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6
VG 1						
VG 2	,0004					
VG 3	,0001	,0259				
VG 4	,0001	,0633	,5463			
VG 5	,0011	,5372	,0177	,0390		
VG 6	,0001	,0523	,9520	,6155	,0442	

Mann - Whitney - U - Test

d)

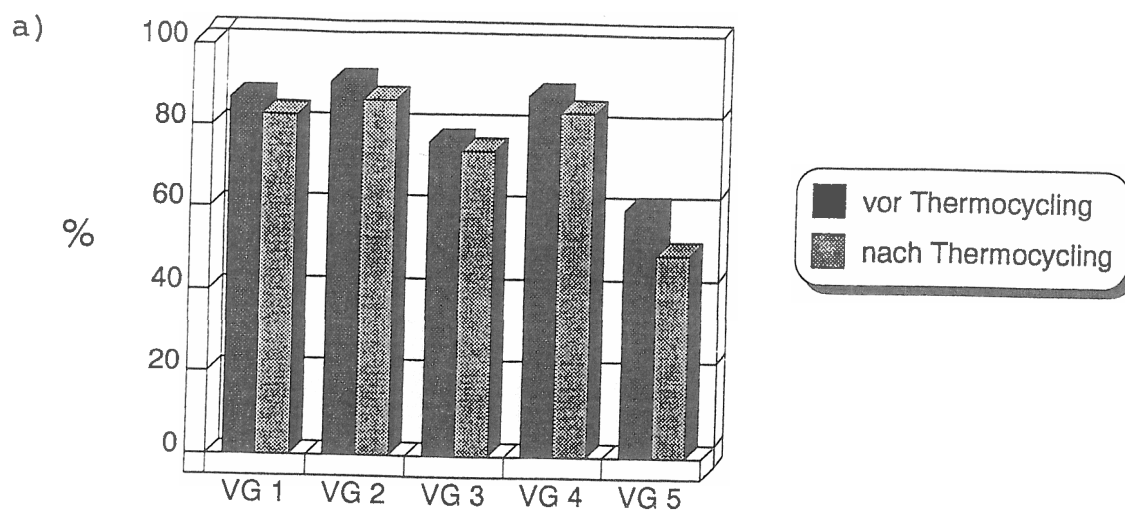
	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6
VG 1						
VG 2	,0006					
VG 3	,0001	,2072				
VG 4	,0001	,0737	,6257			
VG 5	,0013	,6216	,1268	,0460		
VG 6	,0002	,0523	,3506	,0615	,0442	

Anlage 2: **Randspalt** bei plastischen Füllungen (VG 1-6) am Übergang von Schmelz zu Füllung (Kurve 1D)

a) graphische Darstellung, b) Einzelwerte,

c) Signifikanzprüfungen vor Thermocycling ($p =$),

d) Signifikanzprüfungen nach Thermocycling ($p =$)



b)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5
mean	86,86/82,92	91,12/86,80	76,40/74,32	88,08/83,98	60,18/49,35
std. dev.	12,22/19,74	10,07/ 9,34	11,48/14,58	10,80/15,26	24,52/19,18
p =	0,119	0,134	0,554	0,176	0,004

t - Test

c)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5
VG 1					
VG 2	,2818				
VG 3	,0377	,0064			
VG 4	,8395	,4272	,0178		
VG 5	,0047	,0008	,1333	,0022	

Mann - Whitney - U - Test

d)

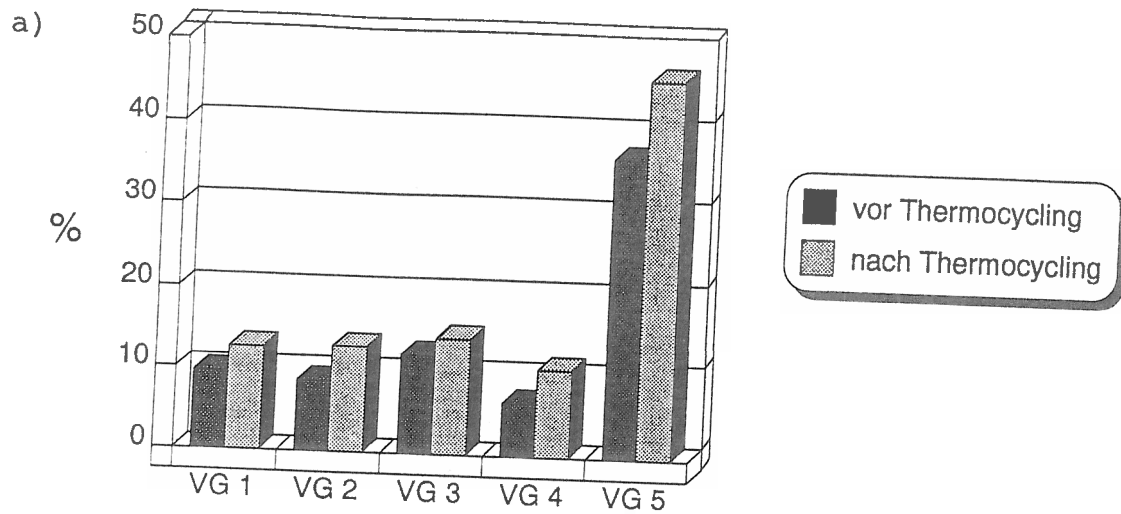
	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5
VG 1					
VG 2	,9309				
VG 3	,0833	,0433			
VG 4	1,000	,7723	,1059		
VG 5	,0012	,0001	,0039	,0008	

Anlage 3: **Perfekter Rand** bei plastischen Füllungen (VG 1-5) am Übergang von Dentin zu Füllung (Kurve 3A)

a) graphische Darstellung, b) Einzelwerte,

c) Signifikanzprüfungen vor Thermocycling (p =),

d) Signifikanzprüfungen nach Thermocycling (p =)



b)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5
mean	9,62/12,74	8,66/13,00	12,21/14,33	6,57/10,69	36,62/46,25
std. dev.	9,05/15,61	9,70/ 9,29	11,18/12,35	5,58/ 9,44	23,39/21,54
p =	0,181	0,132	0,522	0,149	0,007

t - Test

c)

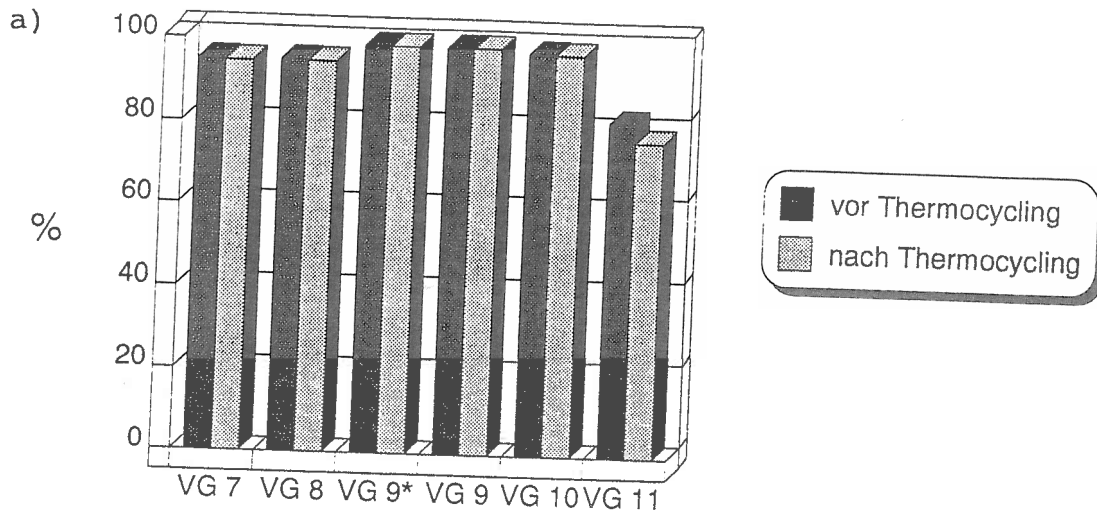
	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5
VG 1					
VG 2	,5805				
VG 3	,4880	,4132			
VG 4	,3698	,9297	,1823		
VG 5	,0010	,0012	,0047	,0002	

Mann - Whitney - U - Test

d)

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5
VG 1					
VG 2	,5063				
VG 3	,6649	,8172			
VG 4	,9539	,4875	,4524		
VG 5	,0007	,0003	,0005	,0003	

Anlage 4: **Randspalt** bei plastischen Füllungen (VG 1-5) am Übergang von Dentin zu Füllung (Kurve 3D)
 a) graphische Darstellung, b) Einzelwerte,
 c) Signifikanzprüfungen vor Thermocycling ($p =$),
 d) Signifikanzprüfungen nach Thermocycling ($p =$)



b)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VF 9	VG 10	VG 11
mean	95,11/ 94,96	95,40/ 95,14	99,03/ 99,10	98,83/ 98,92	98,06/ 97,80	81,69/ 77,10
std. dev.	10,21/ 9,88	7,95/ 8,77	2,10/ 1,94	2,27/ 2,10	4,58/ 4,28	8,27/ 7,33
p =	0,716	0,351	0,461	0,466	0,544	0,002

c) t - Test

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10	VG 11
VG 7						
VG 8	,4780					
VG 9*	,3898	,1298				
VG 9	,5662	,2348	-			
VG 10	,2217	,0731	,8073	,6535		
VG 11	,0019	,0014	,0000	,0001	,0000	

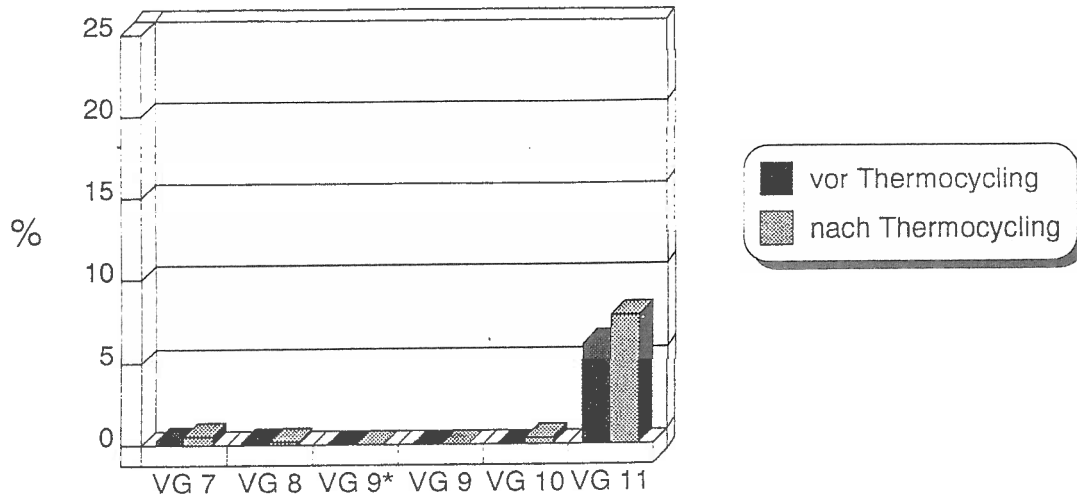
d) Mann - Whitney - U - Test

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10	VG 11
VG 7						
VG 8	,6000					
VG 9*	,3185	,1143				
VG 9	,4674	,2076	-			
VG 10	,4289	,1863	,7905	,9665		
VG 11	,0011	,0008	,0000	,0001	,0000	

VG 9* = mit Ausreißern

Anlage 5: **Perfekter Rand** bei Inlays (VG 7-11) am Übergang von Schmelz zu Befestigungskomposit (Kurve 1A)
 a) graphische Darstellung, b) Einzelwerte,
 c) Signifikanzprüfungen vor Thermocycling (p =),
 d) Signifikanzprüfungen nach Thermocycling (p =)

a)



b)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10	VG 11
mean	0,27/ 0,53	0,17/ 0,21	0,00/ 0,00	0,00/ 0,00	0,00/ 0,39	6,08/ 7,74
std. dev.	0,93/ 1,84	0,58/ 0,74	0,00/ 0,00	0,00/ 0,00	0,00/ 1,34	5,01/ 5,67
p =	0,339	0,339	-	-	0,339	0,000

t - Test

c)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10	VG 11
VG 7						
VG 8	,9520					
VG 9*	,3173	,3173				
VG 9	,3613	,3613	-			
VG 10	,3173	,3173	1,000	1,000		
VG 11	,0001	,0001	,0000	,0001	,0000	

Mann - Whitney - U - Test

d)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10	VG 11
VG 7						
VG 8	,9520					
VG 9*	,3173	,3173				
VG 9	,3616	,3616	-			
VG 10	,9520	,9520	,3173	,3613		
VG 11	,0001	,0000	,0000	,0000	,0000	

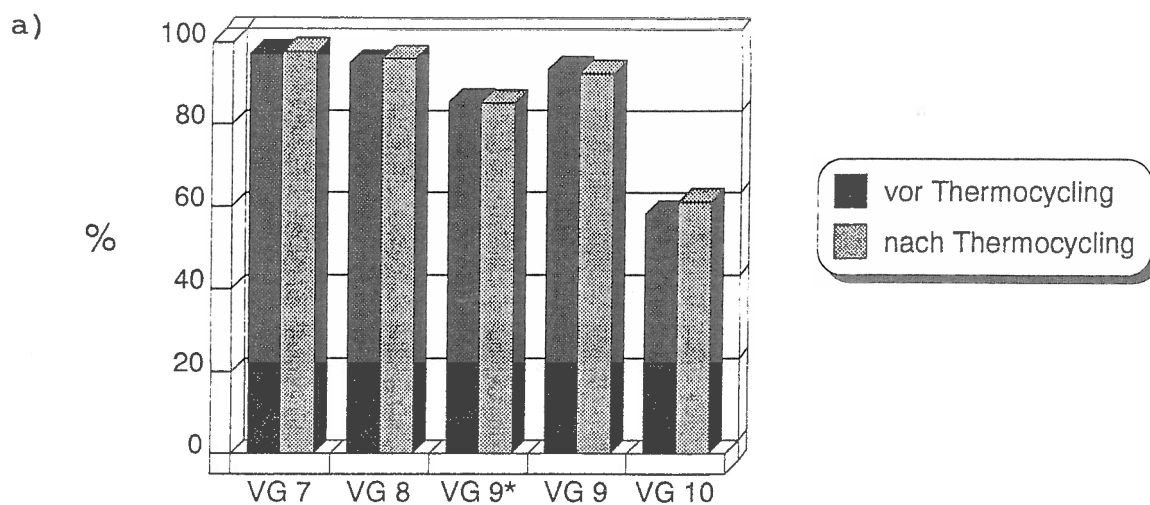
VG 9* = mit Ausreißern

Anlage 6: **Randspalt** bei Inlays (VG 7-11) am Übergang von Schmelz zu Befestigungskomposit (Kurve 1D)

a) graphische Darstellung, b) Einzelwerte,

c) Signifikanzprüfungen vor Thermocycling (p =),

d) Signifikanzprüfungen nach Thermocycling (p =)



b)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10
mean	97,40/97,87	94,98/96,18	85,60/85,24	93,47/92,61	58,17/61,09
std. dev.	4,88/ 3,80	7,64/ 6,99	20,37/19,86	9,65/10,96	24,10/21,61
p =	0,277	0,360	0,653	0,304	0,155

t - Test

c)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10
VG 7					
VG 8	,5502				
VG 9*	,1973	,3452			
VG 9	,5406	,8244	-		
VG 10	,0001	,0004	,0060	,0010	

Mann - Whitney - U - Test

d)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10
VG 7					
VG 8	,8365				
VG 9*	,1382	,1937			
VG 9	,4001	,5406	-		
VG 10	,0001	,0003	,0060	,0010	

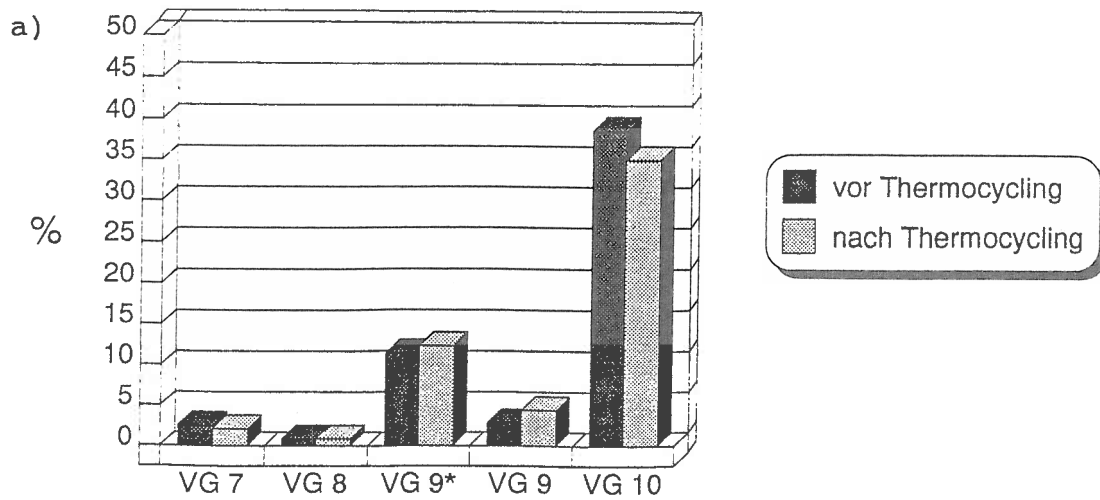
VG 9* = mit Ausreißern

Anlage 7: **Perfekter Rand** bei Inlays (VG 7-10) am Übergang von Dentin zu Befestigungskomposit (Kurve 3A)

a) graphische Darstellung, b) Einzelwerte,

c) Signifikanzprüfungen vor Thermocycling (p =),

d) Signifikanzprüfungen nach Thermocycling (p =)



b)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10
mean	2,60/ 2,14	0,89/ 0,87	11,37/12,31	2,89/4,46	38,64/35,06
std. dev.	4,88/ 3,80	2,57/ 2,57	20,40/19,35	5,32/6,77	26,21/22,85
p =	0,277	0,403	0,326	0,132	0,064

t - Test

c)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10
VG 7					
VG 8	,2880				
VG 9*	,4257	,1138			
VG 9	1,000	,3692	-		
VG 10	,0004	,0001	,0074	,0008	

Mann - Whitney - U - Test

d)

	VG 7	VG 8	VG 9*	VG 9	VG 10
VG 7					
VG 8	,3238				
VG 9*	,2207	,0541			
VG 9	,5923	,1789	-		
VG 10	,0004	,0001	,0101	,0016	

VG 9* = mit Ausreißern

Anlage 8: **Randspalt** bei Inlays (VG 7-10) am Übergang von Dentin zu Befestigungskomposit (Kurve 3D)
 a) graphische Darstellung, b) Einzelwerte,
 c) Signifikanzprüfungen vor Thermocycling (p =),
 d) Signifikanzprüfungen nach Thermocycling (p =)

7.2.3 REM-Bilder

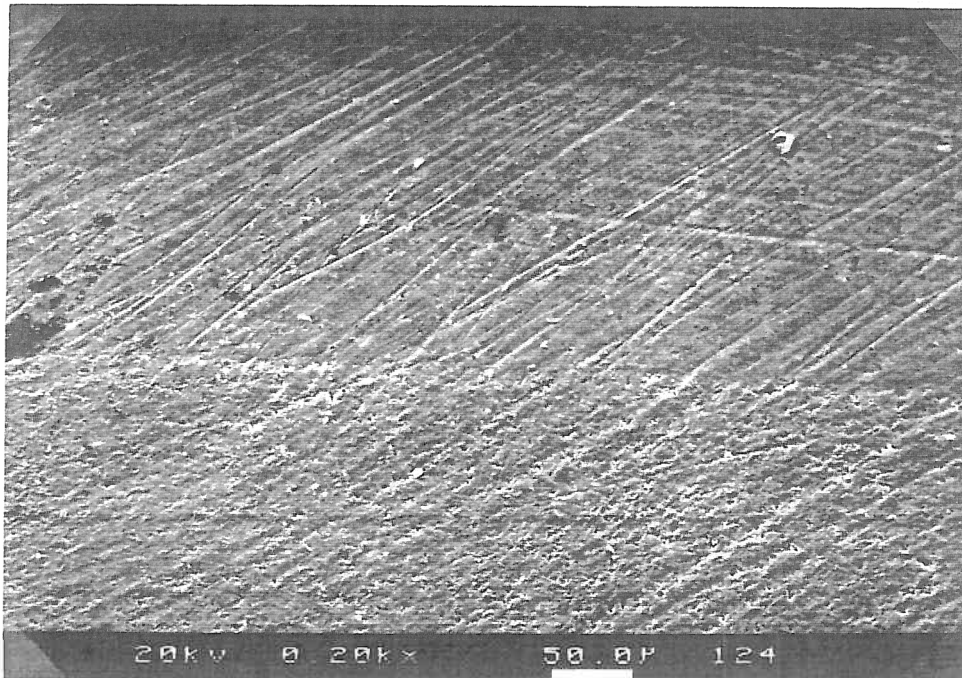


Bild 1: perfekter Rand (Kriterium A)
oben Schmelz, unten Komposit (P-50^R)

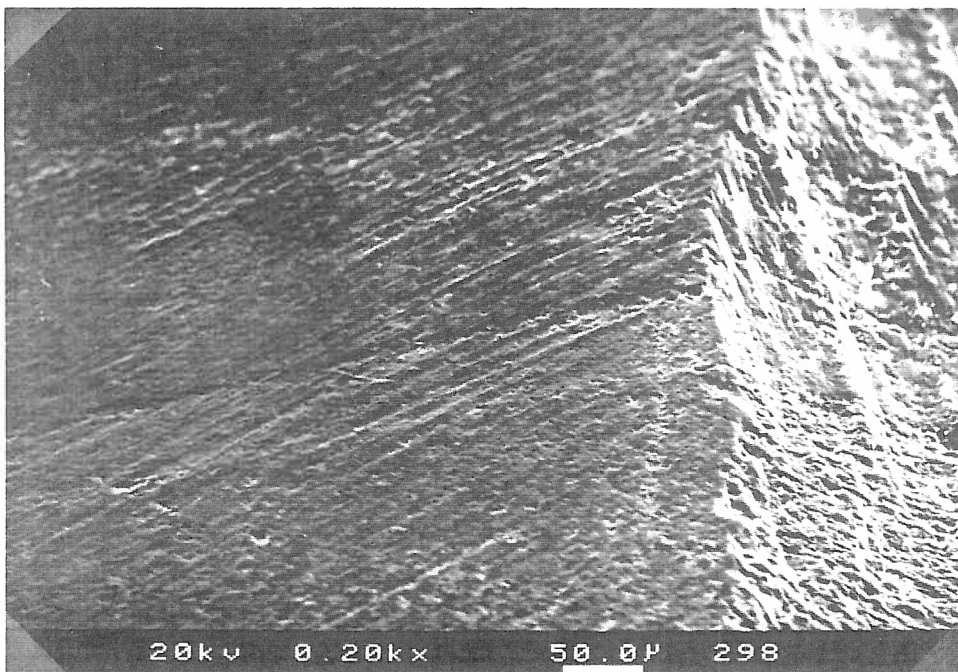


Bild 2: perfekter Rand an beiden Übergängen (Kriterium A)
oben Schmelz, mittig Befestigungskomposit (Sonocem 2),
unten Keramikinlay, rechts "Übergangsmarkierung"
(s.Kap.2.5)



Bild 3: Überschuß (Kriterium B)
 oben Dentin (Bifurkation), unten Komposit (Lumifor^R)

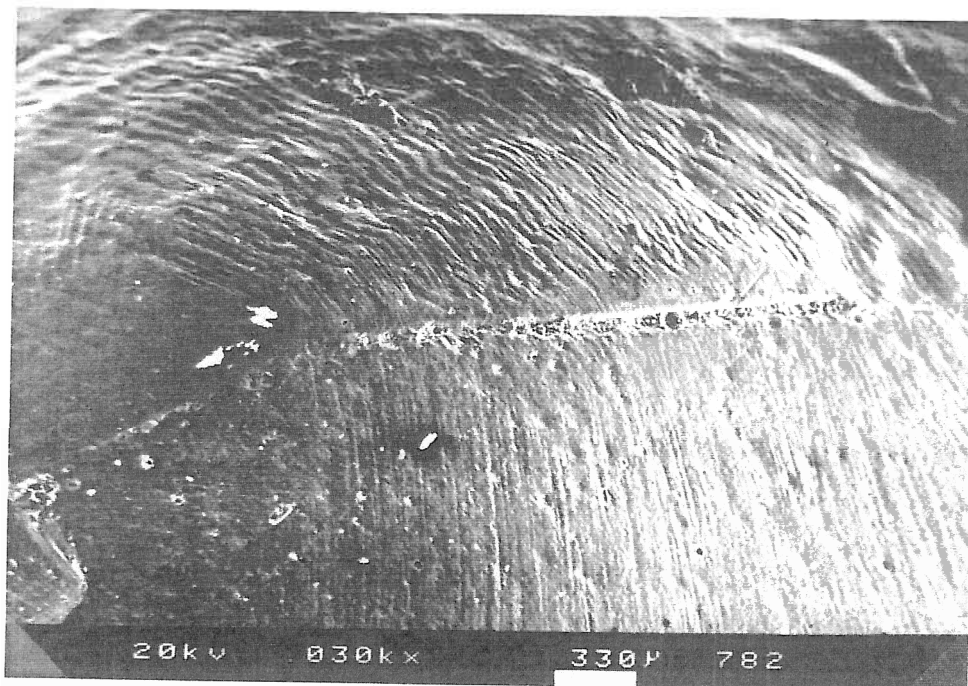


Bild 4: Unterschluß (Kriterium C)
 oben Schmelz, unten Füllung (Ketac^R Silver)

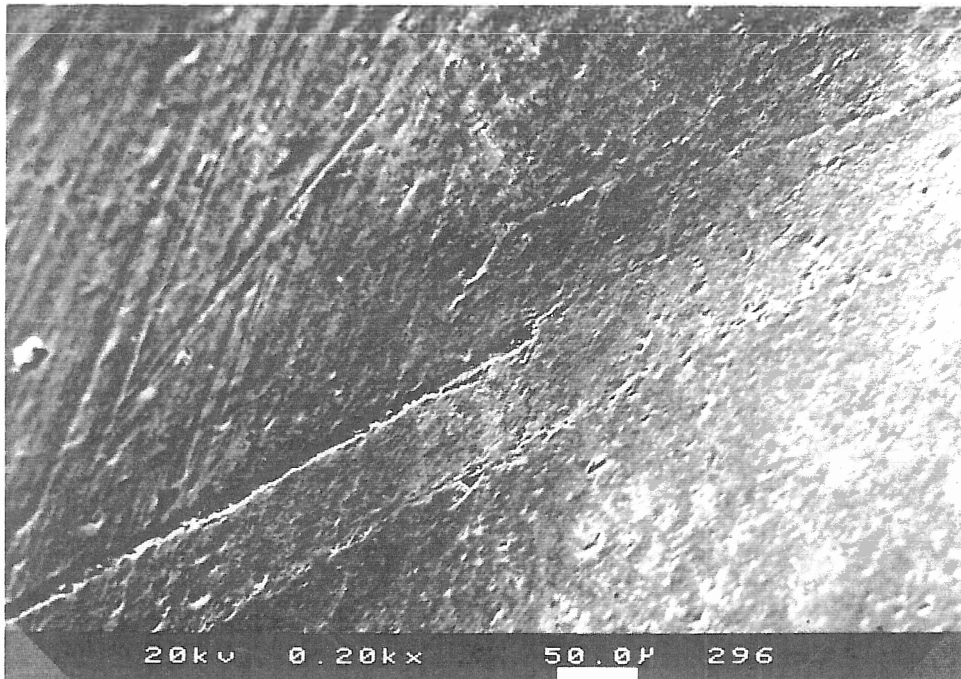


Bild 5: Randspalt zwischen Befestigungszement und Dentin (links, Kriterium C), perfekter Rand (rechts, Kriterium A)
links oben Dentin, rechts oben Schmelz, mittig Befestigungskomposit, unten Keramikinlay

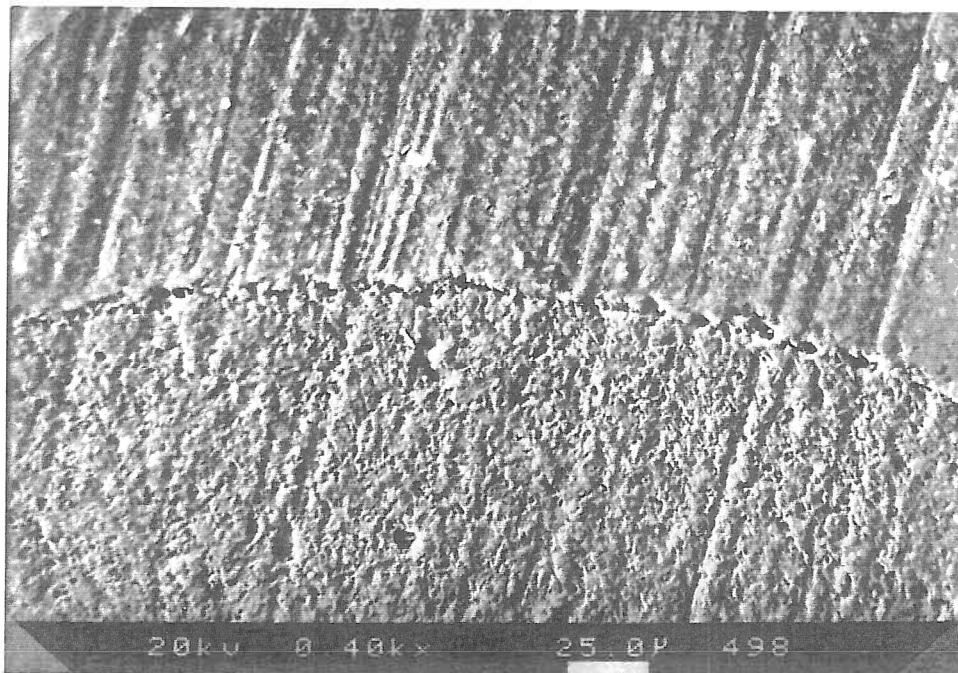


Bild 6: Randspalt (Kriterium D)
oben Dentin, unten Komposit (Lumifor^R)

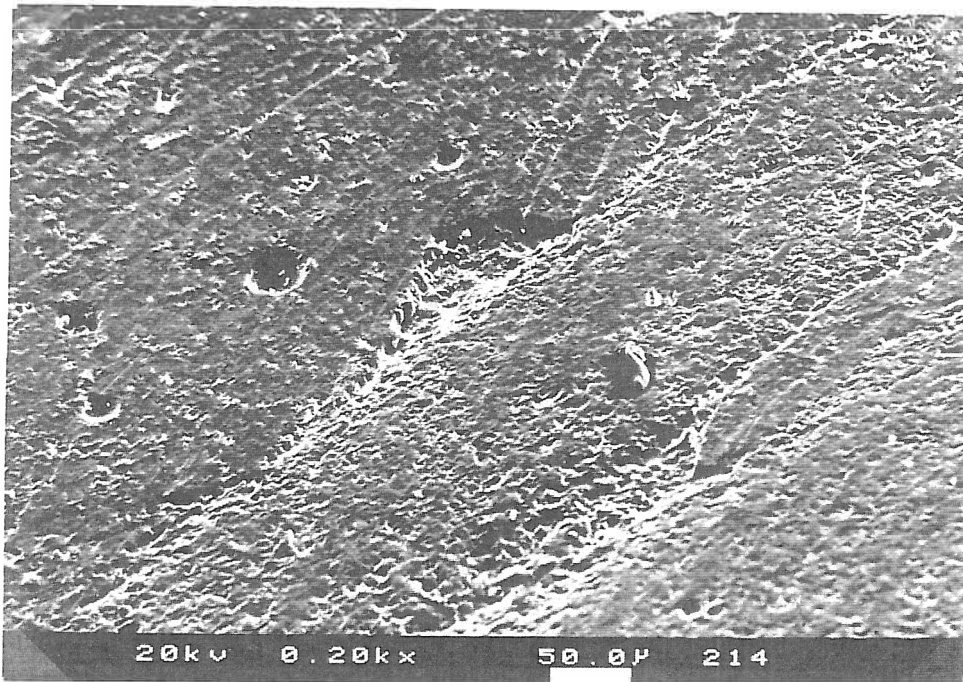


Bild 7: Schmelz - und Keramikrandfraktur (Kriterium E)
oben Schmelz, mittig Befestigungskomposit (Dual - Ce-
ment), unten Keramikinlay

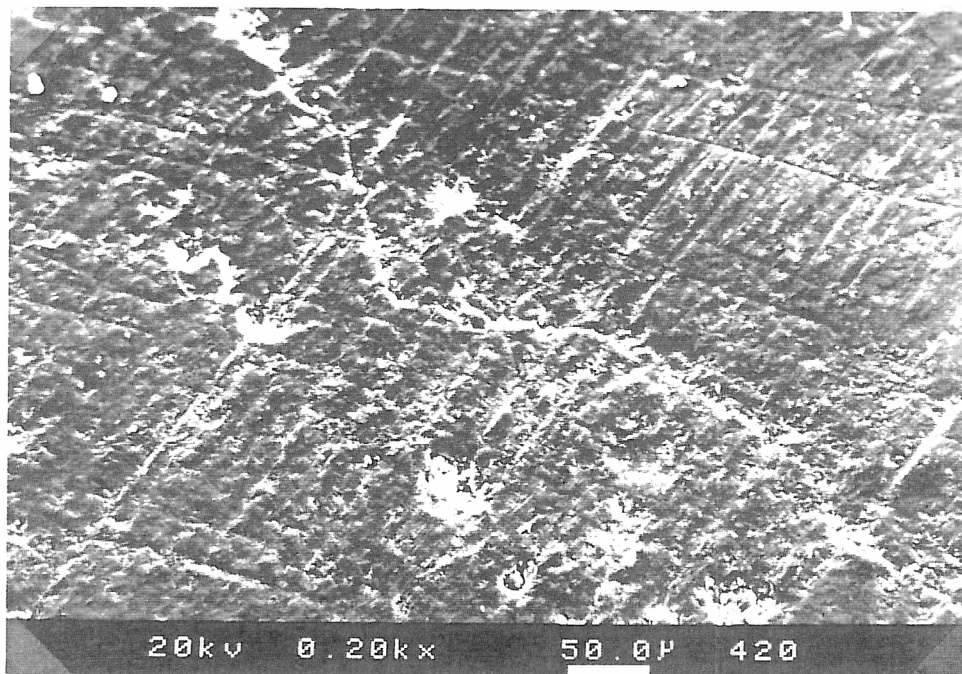


Bild 8: Riß in Klebefuge (Kriterium F)
oben Schmelz, mittig Befestigungskomposit (Dual - Ce-
ment), unten Keramikinlay

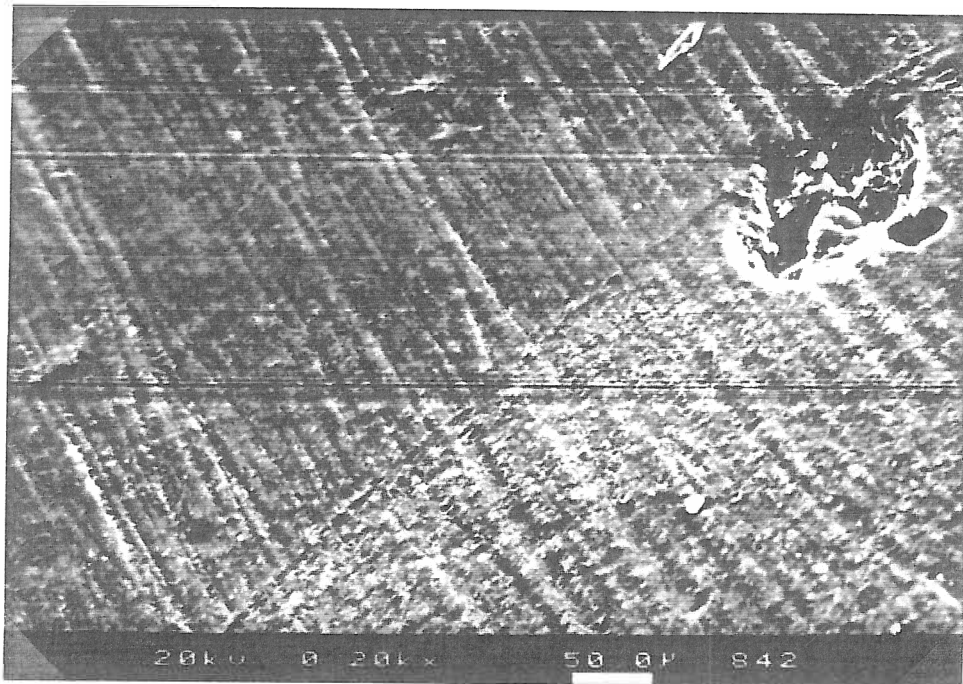


Bild 9: Artefakt auf perfektem Rand (Kriterium G)
oben Dentin, unten Komposit (Tetric[®])

7.2.4 Tabellen

Vorbehandlung	Lage des Füllungsrandes	Versuchsgruppe	plastische Füllungen	Versuchsgruppe	Befestigungskomposit (Inlays)
-	Schmelz/Dentin	1	Ketac ^R Silver	-	-
Scotchbond 2 TM	Schmelz/Dentin	2	P-50 TM	7	Dual Cement ^R
Gluma ^R	Schmelz/Dentin	3	Lumifor ^R	8	Dual Cement ^R
Syntac ^R	Schmelz/Dentin	4	Tetric ^R	9	Dual Cement ^R
Pertac ^R Universal Bond	Schmelz/Dentin	5	Pertac ^R	10	Sonocem ^R 2
SÄT*	Schmelz	6	Pertac ^R	11	Microfill Pontic C ^R

* Säure-Ätz-Technik

Tab. 1: Versuchsaufbau und - gruppenbezeichnung

7.3 Materialien

- | | | |
|----|---|--|
| 1 | Ringerlösung
(Na ⁺ 147 mmol/l
K ⁺ 4 mmol/l) | Pfrimmer Kabi GmbH & CoKg
Hofmannstr. 26
D-8520 Erlangen |
| 2 | Uhu ^R -hart | Uhu Vertrieb GmbH
D-7580 Bühl |
| 3 | Paladur ^R | Kulzer & Co GmbH
D- Friedrichsdorf |
| 4 | rotes Winkelstück | Kaltenbach & Voigt
D- Biberach |
| 5 | Diamantschleifer :
zur Präparation : a) FG 414 Intensiv SA
zum Finieren der
Kavität und UF :
occlusal b) FG 2504 Intensiv SA
approximal c) FG 3414 Intensiv SA | CH- Lugano-Viganello |
| 6 | Ketac ^R Bond Applicap | Espe GmbH & Co.KG
D-8031 Seefeld |
| 7 | Visio ^R Bond | Espe GmbH & Co.KG
D-8031 Seefeld |
| 8 | Elipar ^R II | Espe GmbH & Co.KG
D-8031 Seefeld |
| 9 | Ketac ^R Silver | Espe GmbH & Co.KG
D-8031 Seefeld |
| 10 | Silamat ^R Type S3 | Vivadent Ets.
FL-9494 Schaan |

- | | | |
|----|--|---|
| 11 | Scotchbond 2™
(Light Cure Dental
Adhesive) | 3M, Postfach 100422
D-4040 Neuss 1 |
| 12 | P-50™ | 3M, Postfach 100422
D-4040 Neuss 1 |
| 13 | Ätzel Mini Tip | Espe GmbH & Co.KG
D-8031 Seefeld |
| 14 | Gluma ^R
(Bonding System) | Bayer Dental
D-5090 Leverkusen |
| 15 | Lumifor ^R | Bayer Dental
D-5090 Leverkusen |
| 16 | Syntac ^R | Vivadent Ets.
FL-9494 Schaan |
| 17 | Tetric ^R
(Füllungskunststoff) | Vivadent Ets.
FL-9494 Schaan |
| 18 | Pertac ^R Universal Bond | Espe GmbH & Co.KG
D-8031 Seefeld |
| 19 | Pertac ^R - Hybrid | Espe GmbH & Co.KG
D-8031 Seefeld |
| 20 | Cerec-Set-Diamant-
schleifer | Intensiv SA
CH-6900 Lugano |
| 21 | Cerec ^R System D 3255 | Siemens AG
D-6140 Bensheim |
| 22 | Cerec ^R Vita Blocs ^R
A2C / I 10 | Vita Zahnfabrik
D-7880 Bad Säckingen |

- | | | |
|----|--|--|
| 34 | Araldit CW 2215 | Ciba Geigy GmbH
D-7867 Wehr |
| 35 | Wassermann Dental
Maschinen Typ KV-56 | Rudorffweg 15-17
2050 Hamburg 80 |
| 36 | Permadyne ^R Garant
Type I dünn/low
in Kartusche für
Espe Dosierspender | Espe GmbH & Co.KG
D-8031 Seefeld |
| 37 | Mettler E 200 | Mettler Waagen GmbH
D-6300 Giessen 2 |
| 38 | Sputtergerät SCD 050 | Balzers Union
FL-9494 Lichtenstein |
| 39 | Quantigap ^R 2.1 | Dr.K.H.Kunzelmann,
Prof.Dr.R.Hickel
Poliklinik für Zahnerhaltung und
Parodontologie München |

Danksagung

Ich möchte Herrn Prof. Dr. R. Hickel für die freundliche Überlassung des Themas und Herrn Dr. K.-H. Kunzelmann für die Betreuung meiner Arbeit danken.

Danken möchte ich auch Herrn Dr. J. Ebert für die stete Unterstützung bei Fragen zum Rasterelektronenmikroskop.

Lebenslauf:

26.09.1965	geboren in Nürnberg als zweites von zwei Kindern des Ehepaares Ralf Dieter Krause und Barbara Krause, geborene Schneider
1971 - 1975	Besuch der Grundschule Siedlerstraße, Nürnberg
1975 - 1985	Besuch des Martin - Behaim - Gymnasiums, Nürnberg
28.06.1985	Abitur
1985 - 1986	allgemeine Wehrpflicht
Oktober 1986	Beginn einer Zahntechnikerlehre in Nürnberg
WS 1986/87	Studium der Zahnheilkunde an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
SS 1986 -	Studium der Zahnheilkunde an der Friedrich -
WS 1991/92	Alexander - Universität Erlangen - Nürnberg
01.03.1988	Naturwissenschaftliche Vorprüfung
19.04.1989	Zahnärztliche Vorprüfung
14.01.1992	Zahnärztliche Prüfung
03.02.1992	Erteilung der Approbation als Zahnarzt
01.05.1992	Beginn der Assistenzarztzeit bei Dr. Schneider in Mainz
31.07.1993	Assistenzarzt bei Dr. Mangelsdorf in Nürnberg