

Aus der
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. R. Hickel

**Klinische Untersuchung eines ionenfreisetzenden
Komposits in Klasse I + II Kavitäten.**

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

vorgelegt von

Tobias E. Schott

aus
Wasserburg am Inn
2004

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Kremers
Mitberichterstatter:	Priv. Doz. Dr. U. Walther
Mitbetreuung durch den Promovierten Mitarbeiter:	Dr. A. Aichhorn
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter
Tag der mündlichen Prüfung:	27.07.2004

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	4
2 Literaturvorschau	
2.1. Karies	6
2.1.1. Kariesätiologie	6
2.1.2. Kariesformen	8
2.1.3. Kariesdiagnostik	9
2.1.4. Kavitätenklassen	9
2.1.5. Karieshemmende Substanzen	9
2.2. Amalgamersatzwerkstoffe mit kariesprotektiver Wirkung	12
2.2.1. Glasionomerezemente	12
2.2.2. Kompomere	13
2.2.3. Ormocere	14
2.2.4. Komposite	16
2.2.5. Neue Therapieansätze	19
3 Material und Methode	
3.1. Material	21
3.1.1. Liner	21
3.1.2. das ionenfreisetzende Komposit	21
3.2. Patientengut	22
3.3. Behandlungsabschnitt	23
3.3.1. Legen der Füllungen	23
3.3.2. Dokumentation	29
3.3.2.1. Dokumentation auf Dokumentationsbögen	29

3.3.2.2.	Abdrucknahme	33
3.3.2.3.	Fotografie	33
3.3.3.	Ablauf der Nachuntersuchung	34
3.4.	Bewertung der Füllungsänder unter dem Rasterelektronenmikroskop	34
3.4.1.	Herstellung der Epoxidharzmodelle	34
3.4.2.	Durchführung der quantitativen Randalanalyse	35
3.5.	Abrasionsvermessung	38
3.5.1.	Herstellung der Gipsreplika	38
3.5.2.	Lasersensor	38
3.5.3.	3-D Vermessung und Automatching	39
3.5.3.1.	Auswertung der Differenzbilder	40
3.6	Statistische Auswertung	41
4	Ergebnisse	
4.1.	Auswertung der Dokumentationsbögen	42
4.1.1.	Verlust der Füllungen	42
4.1.2.	Vergleich der Füllungsverluste zw. Klasse I und II Kavitäten	43
4.1.3.	Beschwerden	44
4.1.4.	Sensibilität	45
4.1.5.	Integrität des Zahnes	46
4.1.6.	Oberflächenbeschaffenheit	47
4.1.7.	Marginale Adaptation	48
4.1.8.	Anatomische Formgebung	49
4.1.9.	Okklusionskontakte	50
4.1.10.	Integrität der Füllung	51
4.2.	Abrasionmessung	52
4.2.1.	mittlerer Abrieb	52
4.2.2.	maximaler Höhenverlust	53

4.3.	Auswertung der Randanalyse	54
4.3.1.	Perfekter Randschluß	54
4.3.2.	Überschuß	55
4.3.3.	Unterschluß	56
4.3.4.	Randspalt	57
4.3.5.	Artefakt	58
4.3.6.	Fraktur	59
5	Diskussion	
5.1.	Material und Methode	60
5.1.1.	Versuchsaufbau	60
5.1.2.	Kavitätdesign	63
5.1.3.	Applikationsweise	63
5.2.	Diskussion der Ergebnisse	64
5.2.1.	Statistische Auswertung der Dokumentationsbögen	64
5.2.2.	Rasterelektronenmikroskopische Auswertung	71
5.2.3.	Abrasionmessung	72
6	Zusammenfassung	75
7	Abkürzungsverzeichnis	77
8	Literaturverzeichnis	78
9	Anhang	89
10	Lebenslauf	91
11	Danksagung	92

1 Einleitung

Die Versorgung kariöser Zähne mittels Füllungen ist eine der häufigsten Maßnahmen des Zahnarztes. Obwohl sich die Kariesanfälligkeit bei Kindern und Erwachsenen in den letzten 20 Jahren in den Industrieländern verringert hat [72;100], nimmt der Austausch von alten Füllungen aufgrund von Sekundärkaries 50-70% der restaurativen Zahnbehandlung in Anspruch [75;109;113;120].

Unabhängig vom verwendeten Material ist Sekundärkaries somit der Hauptgrund für die Indikation eines Füllungsaustausches.

Da das Ersetzen einer alten Füllung immer eine Vergrößerung der Kavität zur Folge hat, stellt sich die Frage, welches Material am geeignetsten für eine dauerhafte Versorgung ist.

Bis heute ist Amalgam noch immer das am häufigsten verwendete Füllungsmaterial im okklusionstragenden Seitenzahnbereich mit jahrzehntelanger klinischer Bewährung [130]. Viele Patienten stehen dem Werkstoff Amalgam heute wegen toxikologischer und allergologischer Nebenwirkungen sehr kritisch gegenüber [96;98;130]. Zudem kommt eine wachsende Nachfrage nach zahnfarbenen Füllungen.

Neben kostenintensiven Einlagefüllungen aus Gold und den indirekt hergestellten zahnfarbenen Inlays aus Keramik oder Komposit, können dem Patienten auch preisgünstigere Alternativen für die definitive Seitenzahnfüllung angeboten werden.

Marktführend sind derzeit plastische Komposit-Füllungsmaterialien in Verbindung mit Dentin-Adhäsivsystemen.

Das Hauptproblem bei der direkten Applikation von Kompositen ist jedoch die Polymerisationsschrumpfung mit 2,5-3% Vol. [138]. Selbst bei sorgfältiger Verarbeitung besteht die Gefahr von Randspalten, in die Mikroorganismen eindringen können. Die Folge können postoperative Beschwerden und Sekundärkaries sein [9;26].

Bei Primärläsionen kann im Sinne einer minimal-invasiven Präparationstechnik [68] Zahnschubstanz geschont werden und mit Hilfe der Säure-Ätz-Technik ein dauerhaft dichter Verbund zwischen Zahn und dem Füllungswerkstoff hergestellt werden [30;65;114;140].

Im Gegensatz dazu konnte an dentinbegrenzten Kavitäten der Klasse II selbst mit modernen Mehr-Schritt-Adhäsivsystemen bis heute kein vollständig spaltfreier Randschluß erzielt werden [30;66;119;134].

Da bis heute das Problem noch nicht gelöst ist, setzen nun die Hersteller auf Eigenschaften von Materialien mit pharmazeutischer Wirkung. Die kariesprotektive Wirkung der Glasionomere und der mit Polyalkenat modifizierten Komposite, der sogenannten Kompomere, konnte schon in mehreren Studien belegt werden [41;60;101]. Diese Materialien sind jedoch bislang für den Einsatz in Klasse II Kavitäten aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften nicht auf Dauer geeignet [5;48] und sollten als semipermanente Füllungen eingesetzt werden [78].

Ein solcher Füllungswerkstoff, der sowohl eine dauerhafte Applikation erlaubt, als auch eine kariesprotektive Wirkung besitzen soll, wurde vor fünf Jahren als ionenfreisetzendes Komposit auf den Markt gebracht.

Das Material soll eine bedarfsgerechte Freisetzung von Fluor-, Calcium- und Hydroxylionen ermöglichen und die Fähigkeit besitzen, die kariesproduzierenden Säuren zu puffern und die Entstehung von Sekundärkaries mit Hilfe der Remineralisation zu vermeiden.

Die physikalischen Eigenschaften sollen den Hybridkompositen gleichen.

Dieses Material zeigte in bisher veröffentlichten In-vitro-Studien nur positive Ergebnisse, und sollte in dieser Arbeit seine Praxistauglichkeit unter Beweis stellen.

Ziel dieser Studie ist es, mit Hilfe einer In vivo-Studie ein klinisches Bild dieses neuen Werkstoffes aufzuzeigen, der einen vielversprechenden Ansatz im Kampf gegen Sekundärkaries bieten soll.

2 Literaturvorschau

2.1 Karies

2.1.1 Kariesätiologie

Die von Miller 1898 vorgestellte Kariestheorie ist heute noch allgemein akzeptiert. Dabei geht man davon aus, daß Karies von säureproduzierenden Bakterien vornehmlich Mutans Streptokokken, sowie Laktobazillen und Actinomycesarten verursacht wird. Wirken diese lange Zeit auf die Zahnhartsubstanz ein, so entmineralisieren sie diese.

Somit ist die Vorstufe einer Karies immer ein Demineralisationsprozess mit dem Verlust von Calcium- und Phosphationen nach einem Säureangriff. Der kritische pH-Wert liegt für den Schmelz unter 5,7 - 5,2.

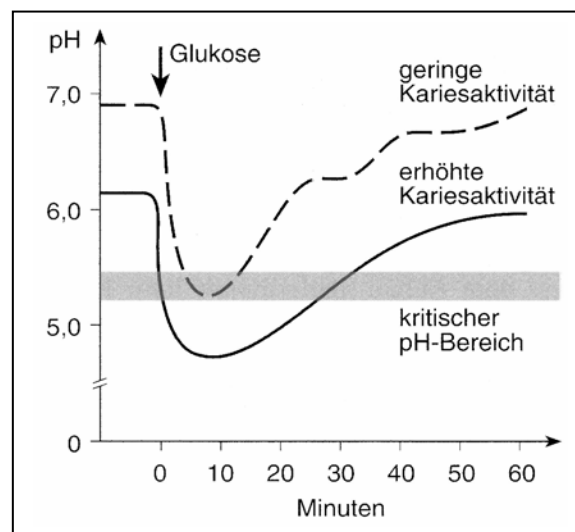


Abb.1 Zeitabhängiger pH-Verlauf in einer Plaque nach Glucosegabe (Stephan-Kurve [61])

Die chemischen Vorgänge bei der Entstehung einer initialen Schmelzkaries werden in Abbildung 2 bildlich dargestellt. Durch Nahrungskohlenhydrate (Zucker) können kariogene Mikroorganismen Säure produzieren, welche dem Hydroxylapatit Ca^{2+} , OH^- , PO_4^{3-} , F^- , CO_3^{2-} , Na^+ und Mg^{2+} - Ionen entziehen.

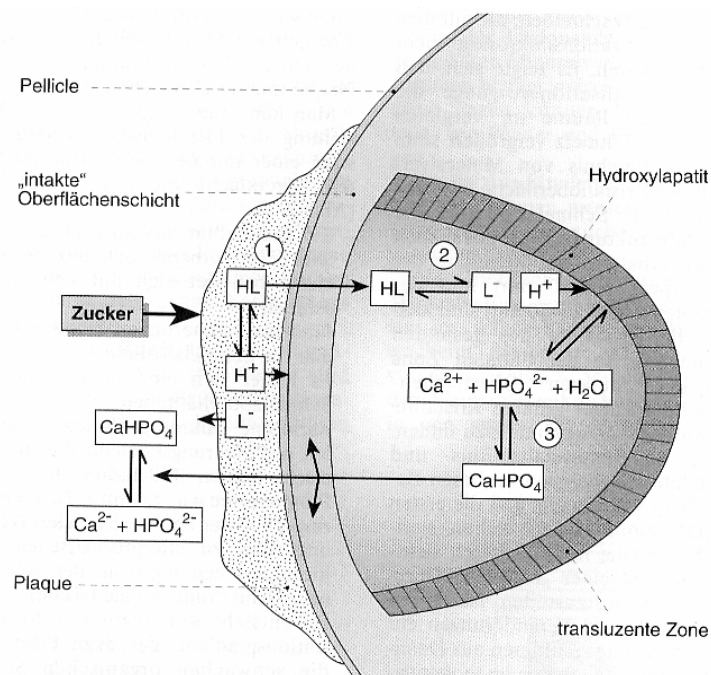


Abb.2 Vereinfachte Darstellung der chemischen Vorgänge bei der Entstehung einer Schmelzkaries [61]

Der Speichel stellt das wichtigste natürliche Schutzsystem für die Zähne dar. Zum einen hat der Speichel bei einer Absenkung des pH-Wertes die Möglichkeit mit seinen Phosphat- und Bicarbonatpuffern die Säureangriffe zu neutralisieren. Zum anderen stellt er mit seinen anorganischen Bestandteilen wie Natrium, Kalium, Phosphat, Chlorid, Magnesium, Hydrogenkarbonat und Fluorid die wichtigsten Ionen für eine Remineralisation zu Verfügung.

2.1.2 Kariesformen

Unter Sekundärkaries versteht man neue kariöse Defekte im Randbereich von zahnärztlichen Restaurationen [61].

Im Gegensatz dazu versteht man unter einem Kariesrezidiv das Wiederaufflammen oder die Progression einer Karies, die während der zahnärztlichen Behandlung nicht ausreichend entfernt wurde [61].

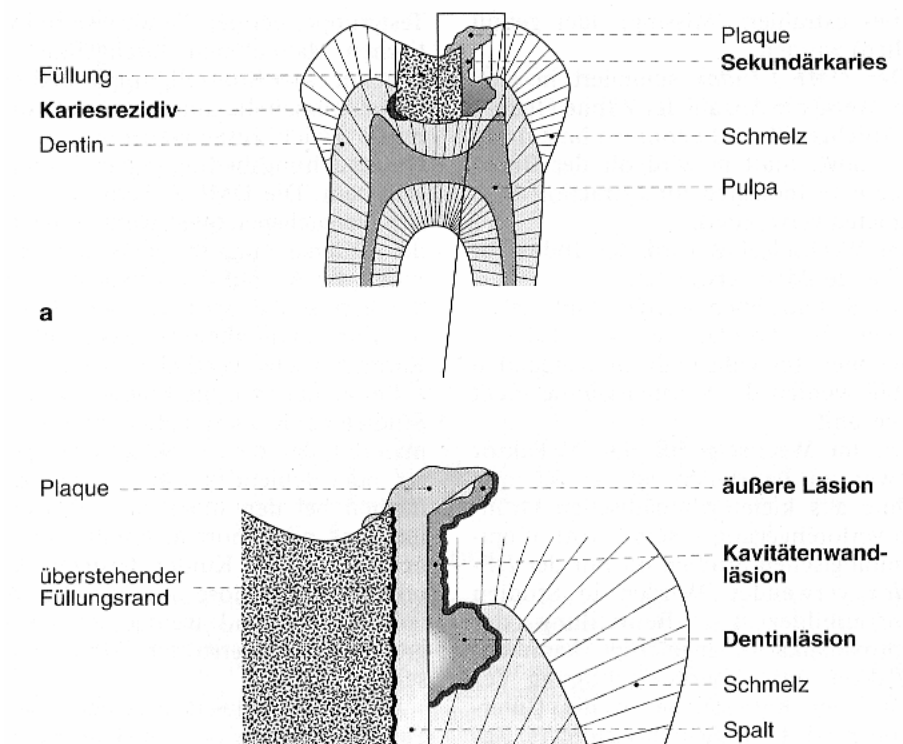


Abb.3 Darstellung einer Sekundärkaries [61]

Histologisch unterscheidet sich die Sekundärkaries nicht von anderen kariösen Läsionen. Durch einen Säureangriff nach Plaqueakkumulation am Randbereich einer Füllung kommt es mit dem Herauslösen von Calcium- und Phosphationen zu einer Demineralisation der Zahnhartsubstanz.

Als Prädilektionsstellen für Sekundärkaries gelten Füllungen mit Randfrakturen und Randspalten sowie Nischen und Füllungsrauigkeiten.

2.1.3 Kariesdiagnostik

Die Diagnostik der Zahnkaries beginnt immer mit der Inspektion der Zähne mit den zahnärztlichen Instrumenten wie Spiegel und Sonde. Nach visueller Betrachtung der Zahnoberflächen nach Verfärbungen, Läsionen und anderen Defekten kann die Sonde die Zahnhartsubstanz ertasten und es lässt sich eine erste Diagnose erstellen. Beginnende Approximalkaries ist mit Spiegel und Sonde klinisch selten zu erfassen [82]. Für eine korrekte Diagnose müssen andere Hilfsmittel, wie Röntgenaufnahmen, Kaltlicht, Kariesdetektor oder elektrische Kariesmelder herangezogen werden [54;85;69].

Je nach Kariesausdehnung werden die Kavitäten in verschiedene Klassen unterteilt.

2.1.4. Kavitätenklassen

Black [11] unterteilte das Auftreten der Karies in Anlehnung an die Kariesprädispositionsstellen in fünf Kavitätenklassen ein.

- Klasse I: Kavitäten im Bereich der Grübchen und Fissuren
- Klasse II: Kavitäten im Bereich approximaler Flächen im Seitenzahnbereich
- Klasse III: Kavitäten im Bereich der Approximalflächen von Schneide- und Eckzähnen, wobei die inzisale Kante intakt bleibt.
- Klasse IV: Kavitäten im Bereich der Approximalflächen von Schneide- und Eckzähnen unter Einbeziehung der Schneidekante.
- Klasse V: Kavitäten der bukkalen und lingualen Glattflächen, meistens im gingivalen Drittel der Zahnkrone liegend.

2.1.5 Karieshemmende Substanzen

Bislang war man bestrebt, den Bakterien keine Möglichkeit der Adhäsion oder Infiltration an Füllungsrandern zu geben. Dies bedeutet, daß man besonderen Wert auf die Randkontur legt, mit einem absolut dichten und kontinuierlichen Übergang

zwischen Zahn und Füllung. Bis heute gelang es nicht, unabhängig vom Material, eine perfekte Randkontur zu gestalten. Sowohl verarbeitungstechnische Gründe, als auch werkstoffkundliche Parameter spielen dabei eine Rolle.

Aus diesen Gründen wurde in letzter Zeit Füllungswerkstoffen mit karieshemmender Wirkung neue Aufmerksamkeit gewidmet.

Schon 1991 wird zur Bekämpfung von Streptokokken Chlorhexidin eingesetzt. Chlorhexidin enthaltende Glasionomere sind in der Literatur ausreichend beschrieben [124], wobei aber mit zunehmender Chlorhexidinkonzentration eine Schwächung des Füllungsmaterials festgestellt wurde.

Eine weitere wichtige Stellung gegen Karies nehmen die Fluoride ein. Die antikariogene Wirkung von Fluoriden ist komplex und basiert auf verschiedenen Mechanismen.

Fluoride sind in der Lage die metabolische Aktivität der Mikroorganismen zu beeinflussen und ihr Wachstum zu hemmen [23]. Für den Zelltod der Bakterien reicht jedoch die Konzentration in der Mundhöhle nicht aus.

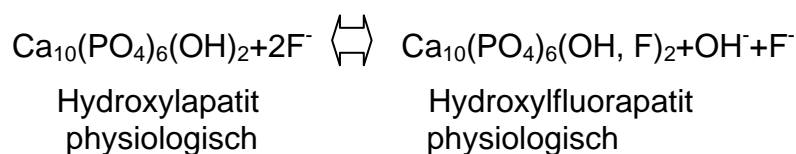
Die weit bedeutendere Eigenschaft der Fluoridionen besteht in der Hemmung der Demineralisation und der Förderung der Remineralisation von Zahnhartsubstanz [61].

Berry [10] beschreibt die chemische Formel des natürlichen Zahnschmelzes mit



Hydroxylapatit hat einen niedrigen Kristallisationsgrad, wobei seine Löslichkeit durch das Fehlen einiger Positionen im Kristallgitter erhöht ist.

Ein Säureangriff kann die Hydroxylionen von ihren Gitterpositionen verdrängen. Die etwa gleich großen Fluoridionen sind in der Lage die fehlenden Positionen zu ergänzen. Aus dem Hydroxylapatit entsteht somit das Mischkristall Hydroxylfluorapatit.



Die Löslichkeit des Zahnschmelzes verringert sich durch die Fluoridionen bedingte Verschiebung im Kristallgitter, wobei die abstoßenden Kräfte der OH⁻-Ionen verringert werden und neue Wasserstoffbrückenbindungen entstehen.

Der wichtigste Bestandteil der kariesprotektiven Wirkung der Fluoridionen wird der verstärkten Remineralisationsbereitschaft des Schmelzes zugeschrieben.

Bei einem Angebot von Calciumionen ist Fluor in der Lage die Reintegration von Ca₂ zu fördern. Als Remineralisationszentrum dienen die HPO₄²⁻-Ionen im demineralisierten Schmelz [69].

Das gestiegene Gesundheitsbewußtsein der Patienten, der Wunsch nach mehr Ästhetik, die anhaltende Amalgam Diskussion und neue Erkenntnisse der Materialforschung sind Gründe, neue Restaurationsmaterialien zu entwickeln [30;64] und dem Patienten Alternativen anbieten zu können.

Aufgrund der zunehmend ablehnenden Haltung der Patienten gegenüber Amalgam ist der Zahnarzt mehr als zuvor gefordert, nach Alternativen zu suchen.

2.2 Amalgamersatzwerkstoffe mit kariesprotektiver Wirkung

2.2.1 Glasionomere (GIZ)

Die Glasionomere wurden Ende der 60er Jahre von *Wilson* und *Kent* [151] entwickelt. Die Bestandteile der GIZ sind Calcium-Aluminium-Fluor-Silikat-Glas und Polycarbonsäure. Beim Mischen von Pulver und Flüssigkeit erfolgt eine Säure-Basen-Reaktion, die zwei Phasen durchläuft.

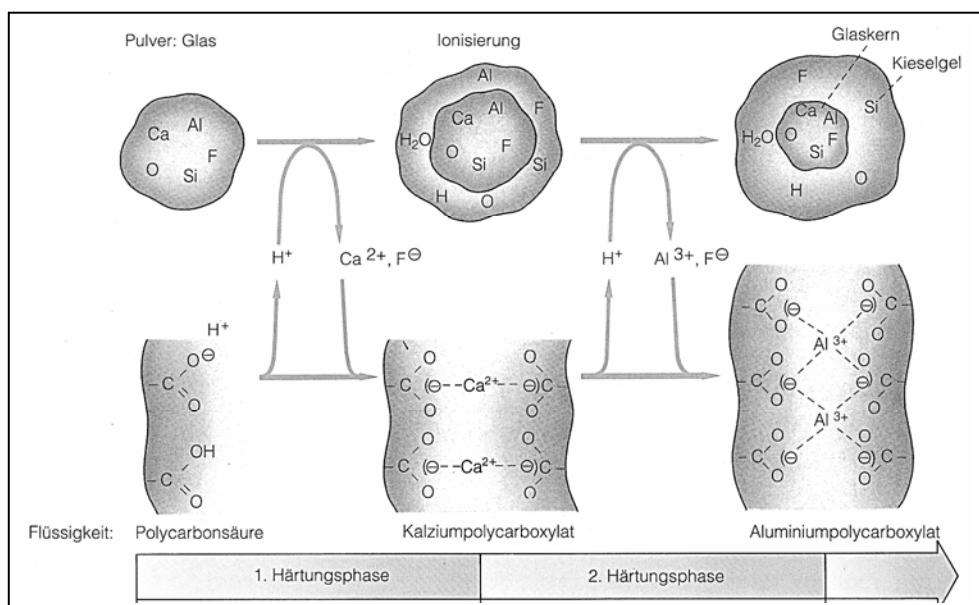


Abb.4 Darstellung der beiden Aushärtungsphasen des GIZ [69]

Durch die Säure werden aus dem Silikatglas Calcium- und Aluminiumionen herausgelöst. Da sich die Calciumionen schneller lösen, reagieren diese zuerst auf die Säure. Durch Vernetzung der Polycarbonsäure über Calciumbrücken entsteht ein Calciumpolycarboxylatgel, welches extrem empfindlich gegenüber Austrocknung und Feuchtigkeit ist.

Die zweite Phase erstreckt sich über mehrere Stunden indem sich Aluminiumionen in die Matrix einlagern und zu einem wasserunlöslichen Calcium-Karboxylatgel führen. Ein großer Vorteil der GIZ ist die chemische Haftung über polare und ionische Bindungen an der Zahnhartsubstanz. Die Haftung kann mit einer Vorbehandlung der

Kavität mit 25% Gerbsäure, 10-25% Polyacrylsäure oder mit 5% Natriumhypochlorid zu einem besseren Verbund führen. Dies trägt zu einer guten Randständigkeit bei. Ein weiterer Vorteil der GIZ ist die kariostatische Wirkung im Füllungsrandbereich. Diese beruht auf der langfristigen Freisetzung von Fluoridionen aus dem Silikatglas und macht einen Anteil bis zu 23% aus [47]. Die Freisetzung erfolgt in zwei Phasen, einer initialen, kurzzeitigen Abgabe größerer Fluoridmengen von der Oberfläche der GIZ und einer Langzeitfreisetzung, die auf Diffusionsprozessen beruht [141;146]. Diese kariesprotektive Wirkung wird dadurch verstärkt, daß GIZ nach lokaler Applikation Fluorid aufnehmen kann, um es dann wieder an die Umgebung abzugeben [27;133;136].

Die Tatsache der kariesprotektiven Wirkung von Fluorid ist eine wichtige Voraussetzung für eine Indikation von GIZ für Füllungen im Seitenzahnggebiet. Heute beschränkt sich die Indikation im wesentlichen auf kleine Klasse I – Kavitäten. Für die Klasse II – Kavitäten sollte man bei Okklusionskontakt der Füllung auf ausreichende Materialstärke achten, so kann sie auch hier als semipermanente Füllung in Betracht gezogen werden. Zusätzlich wäre eine Abstützung auf natürlicher Zahnhartsubstanz wünschenswert [79].

Trotz der positiven Eigenschaften wie der Fluoridabgabe, Dentinhaftung und geringer Randspaltbildung [5;48] lassen die schlechten Abrasionswerte eine Indikationsstellung für eine permanente Klasse II – Füllung im Seitenzahnbereich nicht zu.

2.2.2 Kompomere

Bei der Entwicklung der Kompomere hat man versucht, die guten Eigenschaften der Glasionomere und der Komposite zu vereinigen. Die neue Stoffklasse versprach die beim Einsatz der Glasionomere auftretenden Probleme, wie z.B. schlechte Abrasionsstabilität, zu lösen. Diese Materialien verbinden die Fluoridabgabefähigkeit von GIZ mit den verbesserten ästhetischen und abrasionsstabileren Eigenschaften der Komposits.

Bei Kompomeren handelt es sich um ein von den Kompositen abgeleitetes Füllungsmaterial mit anorganischen Füllstoffen. Kompomere lassen sich wie die

Komposite mit Licht polymerisieren und zusätzlich führt eine Säure-Basen Reaktion - wie bei den Glasionomeren - zu einer Nachhärtung.

Die damalige Suche nach einem anwendungsfreundlicheren Füllwerkstoff hatte zum Ziel bei der Vorbehandlung der Zahnhartsubstanz auf Phosphorsäure zu verzichten. Auch die kariesprotektiven Eigenschaften von Fluorid, die den anorganischen Füllstoffen zugesetzt sind, zeigten große Vorteile in Bezug auf die Sekundärkariesbildung [77;110;131].

Kompomere sind wasserfreie, lighthärtende Füllungsmaterialien auf Polymerbasis, die einen amphibolen Charakter aufweisen. Sie bestehen im wesentlichen aus zwei funktionellen Monomeren und säureaktiven Glaswerkstoffen [71].

Durch die Aufnahme von Wasser laufen - basierend auf der für Glasionomerezemente typischen Säure-Basen-Reaktion - zusätzliche gelbildende Komplexreaktionen ab [32].

Heute erfreuen sich die Kompomere großer Beliebtheit mit zufriedenstellenden Ergebnissen in Klasse V-Kavitäten [95].

Jedoch konnte anhand einiger Studien ermittelt werden, daß Kompomere eine geringere Fluoridabgabe [131] und eine höhere Abrasion [80] als Komposite aufweisen.

Für eine Klasse II-Füllung ist das Füllungsmaterial Kompomer mit seinen besseren physikalischen Eigenschaften als Glasionomerezement diesem als Amalgamalternative vorzuziehen. Die Verarbeitung ist jedoch nicht leichter und schneller als bei den Kompositen [21].

2.2.3 Ormocere

Im Fraunhofer Institut für Silicatiforschung in Würzburg konnte ein kompositbasierter Werkstoff für die Zahnheilkunde entwickelt werden, der plastisch verarbeitet und lichtgehärtet werden kann. Es handelt sich hierbei um organisch modifizierte, nichtmetallische anorganische Verbundwerkstoffe, die als Ormocere (organically modified ceramics) bekannt sind. Die Ormocer Struktur besteht aus einem über eine Polykondensation ausgebildeten anorganischen-organischen Netzwerk [38;51]. Die Ormocere haben im Gegensatz zu konventionellen Polymeren ein auf SiO_2

basierendes Rückgrat und sind mit polymerisationsfähigen organischen Einheiten funktionalisiert. Es ergeben sich dreidimensionale Verbundpolymere, die Ormocere. In diese kreuzvernetzte anorganische und organische Netzwerkmatrix sind Füllpartikel entsprechend der bewährten Composite-Technologie inkorporiert [153;154;155].

Bei der Entwicklung des neuen Werkstoffes für die Restauration von Klasse II Füllungen im Seitenzahnggebiet ist man besonders auf die Probleme der Randspaltbildung nach Polymerisationsschrumpfung und Festigkeit eingegangen.

Dieser Werkstoff hat eine Schrumpfung von bis zu 2 Vol%. [139], und damit einen deutlichen Vorteil gegenüber den Kompositen mit einer durchschnittlichen Schrumpfung von 3 Vol% [138]. Dabei kann die Randqualität von Füllungen deutlich verbessert werden [56].

Besonders kritisch ist jedoch der dentinbegrenzte Approximalbereich zu beurteilen. Hier lassen sich mit Kompositen selbst mit modernsten Mehrschritt-Adhäsivsystemen und Mehrschichttechnik keine spaltfreien Füllungsråder erzielen [30;57;65;66].

Die geringere Schrumpfung kann zu einer Verbesserung der Randqualität beitragen, wobei eine absolut spaltfreie Füllung nicht zu erzielen ist [99]. Eine genaue Abstimmung der Dentinhaftvermittler auf das Füllungsmaterial ist notwendig, um chemische Inkompatibilitäten zu vermeiden, die sich in einer Verminderung der Randqualität auswirken [88].

Die mechanischen Eigenschaften der Ormocere sind mit einem Füllkörperanteil von bis zu 79 Gew. % ähnlich denen des Amalgames. Die Abrasionsstabilität kommt der eines natürlichen Zahnes gleich [6].

Das toxikologische und allergologische Potential dieser Stoffklasse ist wahrscheinlich geringer einzustufen, da die Acrylate und Metacrylate silangebunden und somit an das anorganische Netzwerk geknüpft sind [150]. Eine Wasserlöslichkeit dieser Verbundpolymere konnte mit gravimetrischen Verfahren nicht nachgewiesen werden [154].

2.2.4 Komposite

Schon Anfang der sechziger Jahre legte *Bowen* [17] den Grundstein für die heute existierenden Kunststoffe. Durch die Entwicklung eines höhermolekularen Monomeres, dem Bisphenol-A-Glycidylmetacrylat (Bis-GMA) sowie der Beifügung anorganischer Füllkörper gelang es *Bowen* die großen Nachteile der selbsthärtenden Acrylate zu reduzieren.

Heute setzen sich die Komposite aus drei Hauptkomponenten zusammen [97].

Die organische Matrix besteht aus langkettigen Dimethacrylaten, wie z.B. Bisphenol-A-Glycidylmethacrylat (Bis-GMA), Urethan-ethylenglycol-dimethacrylat (UEDMA) und Tri-ethylenglycol-dimethacrylat (TEGDMA). Weitere Bestandteile sind Co-Monomere (Verdüner) und verschiedene Zusätze wie Initiatoren (Katalysatoren), Co-Initiatoren (Akzeleratoren), Inhibitoren und Photostabilisatoren.

Die Härtung der Monomere wird durch Inhibitoren in Gang gesetzt, wodurch die Monomere sich zu langkettigen Polymeren vernetzen [25]. Man unterscheidet hierbei zwischen Auto- und Photopolymerisation. Die modernen lichthärtenden Komposite polymerisieren bei einem Licht der Wellenlänge von 400-500 nm.

Dabei sollte besondere Aufmerksamkeit auf die Belichtungsdauer, eine Füllschichtstärke von max. 2mm und die Lichtqualität gelegt werden, um eine optimale Endpolymerisation zu gewährleisten [74].

In die organische Matrix inkorporierte anorganische Bestandteile sind gemahlene Glas- bzw. Quarzpartikel verschiedener Größe (Makrofiller) oder hochdisperse Siliziumdioxidpartikel (Mikrofiller) [125;147].

Der Anteil dieser Füllkörper beträgt heute über 50 Gew.-% [46] und ist für die physikalisch-mechanischen Eigenschaften verantwortlich. Durch Zugabe dieser Füller erreicht man die Herabsetzung der Polymerisationskontraktion, die Reduktion der Wasseraufnahme und die Erhöhung der Abrieb-, Druck-, und Zugfestigkeit.

Je größer der Anteil an anorganischen Füllstoffen ist, desto höher ist die Biegebruchfestigkeit. Somit weisen die hochgefüllten Komposite mit einem Füllstoffanteil von bis zu 80 Gew.-% eine hohe Biegebruchfestigkeit auf [70;123;148]. Ebenso wird die Abrasionsbeständigkeit verbessert [86] und die Polymerisationsschrumpfung durch den hohen Anteil der Füllkörper reduziert [83].

Die Nachteile der makrogefüllten Komposite liegen in der ungenügenden Polierbarkeit und einer eingeschränkten Ästhetik, was ihre Indikationsbreite in Black-Klasse I und II beschränkt.

Für ästhetisch anspruchsvollere Füllungen stehen die mikrogefüllten Komposite zu Verfügung. Die Füllkörper sind feine SiO₂-Partikel mit einem Durchmesser von bis zu 10 µm [46]. Dadurch ergibt sich nach der Politur eine erheblich glattere Oberfläche als dies mit makrogefüllten Kompositen möglich ist. Da die Kunststoffmatrix aber nur in der Lage ist, einen Anteil bis zu 52 Gew.-% aufzunehmen [70], ergeben sich einige Nachteile. Das ästhetische Ergebnis ist deutlich verbessert, jedoch muß mit einer hohen Abrasion, größeren Polymerisationsschrumpfung, niedrigerem Elastizitätsmodul und damit einer höheren Frakturgefahr gerechnet werden.

Bei den heute verbreiteten Kompositen handelt es sich überwiegend um Hybridkomposite. Diese besitzen eine mit Mikrofüllern verstärkte Matrix, in die Makrofüller inkorporiert sind. Am häufigsten finden heute Feinpartikel-Hybridkomposite mit 0,8-2µm großen Makrofüllern Anwendung.

Hauptaufgabe der adhäsiven Füllungstherapie ist es, einen ausreichenden und dauerhaften Verbund zwischen Füllungsmaterial und Zahnhartsubstanz zu erreichen, der den Zugkräften standhält, die durch die Polymerisationsschrumpfung des Komposites und die unterschiedlichen thermischen Expansionskoeffizienten von Komposit und Zahnhartsubstanz hervorgerufen werden.

Als Folge der Polymerisation kommt es zu einer Kontraktion des Komposites von 1-3 Vol.-%, die durch Ablösung des Komposites von der Kavitätenwand zur Bildung von Randspalten „Microleakage“ führen kann [7;45;50]. Randspalten stellen eine Eintrittspforte für Bakterien, bakterielle Stoffwechselprodukte, Speichel sowie Pigmente dar. In der Folge können Pulpairritationen, Randverfärbungen, Sekundärkaries und Füllungsverluste auftreten [117;118;137]. Nur durch einen festen und dauerhaften Verbund zwischen Zahnhartsubstanz und Füllungsmaterial können derartige Spaltbildungen verhindert werden.

Grundsätzlich wird bei Kompositenhaftung zwischen Schmelz- und Dentin-Haftung unterschieden.

Der Verbund von Zahnschmelz und Komposit hat in erster Linie mikromechanischen Charakter. Durch die Schmelz-Ätztechnik, entwickelt von *Buonocore* [22] 1955, wird

die nicht retentive Schmelzoberfläche auf mikroskopischer Ebene umstrukturiert. Mit einer Orthophosphorsäure (30-40%) läßt sich die Schmelzschicht durch die unterschiedlichen Auflösungen von Zentrum und Peripherie der Schmelzprismen in ihrer Oberfläche vergrößern und führt zu einer besseren Benetzbarkeit für die Haftvermittler [74].

Die Haftung zwischen Dentin und Komposit ist aufgrund struktureller Besonderheiten vielschichtiger. Dentin besteht zu 45 Vol% aus anorganischen und zu 30 Vol% aus organischen Bestandteilen. Der Wasseranteil liegt bei etwa 20 Vol%. Charakteristisch für das Dentin ist ein in das Hydroxylapatit eingebettetes Kollagengeflecht, das ca. 92% der organischen Matrix des Dentins ausmacht [133]. Infolge der Präparation entsteht auf dem Dentin eine Schmierschicht (smear-layer), die zum Teil in die angeschnittenen Dentintubuli gepreßt wird [34;118]. Der Verbund zwischen Dentin und Komposit wird mit unterschiedlichen Dentinadhäsiven erreicht, die sich nach der Behandlung der Schmierschicht in verschiedene Gruppen einteilen lassen:

Erhaltung der Schmierschicht

Die hydrophilen Monomere der Haftvermittler sickern in die Schmierschicht ein und verstärken diese nach Aushärtung.

Auflösung der Schmierschicht

Die in den Primern enthaltene Maleinsäure (2,5 – 4 Gew. %) bewirkt eine Auflösung der Schmierschicht mit Eröffnen der Dentintubuli und Kollagenfreilegung. Somit können die hydrophilen Monomere in die Dentintubuli und die freigelegten Kollagenfasern einsickern. Somit bildet sich eine Komposit-Dentin-Hybridschicht im Bereich des intertubulären Dentins mit einem hydrophoben Charakter, der die Haftung zum Komposit herstellt [34;36].

Vollständige Entfernung der Schmierschicht

Hierbei wird die Schmierschicht vollständig von Säuren befreit, wobei es auch zu einer Demineralisation des intertubulären Dentins kommt. Durch die penetrierenden Monomere entstehen nach Aushärtung die sogenannten Kunststofftags und die Hybridschicht [57]. Die Hybridschicht stellt eine mikromechanische Verkettung von

Dentinadhäsiv und Dentin dar. Durch Copolymerisation des penetrierten Monomeres mit dem applizierten Komposit wird anschließend eine Verbindung hergestellt [144].

2.2.5 Neue Therapieansätze

Trotz aufwendigster Verfahren mittels Mehrschicht-Technik und modernster Adhäsivsysteme kann eine spaltfreie Kompositfüllung nicht garantiert werden [99].

Ab einer Spaltbreite von 20 –30 µm ist es den Bakterien möglich in den Spalt zu penetrieren [117]. So entstehen Randverfärbungen und Sekundärkaries [144].

Schon lange kennt man Therapeutika für die reine Kariesprävention wie Chlorhexidin oder Fluorid, die das Wachstum von *S. Mutans* nachweislich hemmen können [43;136].

Dies macht man sich auch bei den dentalen Restaurationsmaterialien zunutze. Fluoridfreisetzende Restaurationsmaterialien wie zum Beispiel Glasionomere, fluoridfreisetzende Komposite und Kompomere sind die am häufigsten erforschten. Es konnte nachgewiesen werden, daß bereits eine relativ geringe Menge an Fluoridionen, freigesetzt aus einem Komposite (Heliomolar) ausreicht, um unter aktiver Plaque die Demineralisierung von Schmelz und Dentin in einer simulierten Randspaltsituation zu reduzieren [2]. Die freigesetzte Fluoridkonzentration aus Glasionomeren und Kompomeren ist wesentlich höher als bei Kompositen. Die mechanische Belastbarkeit dieser Materialien ist schlechter, was die Haltbarkeit dieser Füllungsmaterialien stark begrenzt. Dies lässt nur eine eingeschränkte Indikation zu.

Leider ist die Fluoridkapazität in diesen Dentalwerkstoffen nicht unbegrenzt, da zum einen ein großer Anteil von Fluoridionen bei ihrer Abgabe zu einer Schwächung des Materials führt [107] und zum anderen die Fluoridfreisetzung im Lauf der Zeit stark abnimmt [77].

Neuere Konzepte zielen darauf ab, die Säuren, die von den kariogenen Keimen produziert werden, in Abhängigkeit zum pH-Wert abzupuffern. Aus Studien mit fluoridfreisetzenden Materialien ist bekannt, daß die Fluoridfreisetzung bei niedrigem pH-Wert höher ist als bei einem neutralen pH-Wert [44].

pH sensible Materialien werden auch als sogenannte „Smart Materials“ bezeichnet [1].

Dieser Produktgattung gehört das in dieser Studie untersuchte Komposit an. Dieses reagiert bei einer pH-Wert-Senkung mit seinen drei verschiedenen Ionen (Fluorid-, Calcium- und Hydroxylionen) und soll damit einen niedrigen pH-Wert erhöhen. Bei möglichen Randdefekten soll somit das Auftreten von Sekundärkaries gehemmt bzw. sogar verhindert werden [39].

In einer Studie von *Margherita Fontana* [40] konnte in einer In-vitro-Studie gezeigt werden, daß das Untersuchungsmaterial mit seinen Fluorid-, Calcium- und Hydroxylionen eine bessere kariesprotektive Wirkung zeigte als herkömmliche Komposite. Dabei war die Effektivität bei Füllungen mit Randspalt größer als bei Füllungen ohne Randspalt [40;132].

3 Material und Methode

3.1 Material

3.1.1 Liner

Nach Entfernung von Karies entstand eine Dentinwunde, die vor Applikation des Füllungswerkstoffes mit einem lichthärtenden Liner abgedeckt wurde. Der Liner enthält methacrylatmodifizierte Polyacrylsäure, Maleinsäure, Katalysatoren und Stabilisatoren in einer Wasser / Ethanollösung.

3.1.2 Das ionenfreisetzende Komposit

Der eingesetzte Füllungswerkstoff ist ein neu entwickeltes Komposit, das mit seinen patentierten alkalischen Glasfüllern drei verschiedene Ionen (Fluorid-, Calcium-, und Hydroxyl-Ionen) in Abhängigkeit des pH-Wertes abgibt.

Der Materialtyp ist eine Monomermatrix bestehend aus unterschiedlichen Dimethacrylaten (20,8 Gew.-%).

Die anorganischen Füllstoffe setzen sich zusammen aus alkalischen Glasfüllern, Barium-Aluminium, Fluorsilikatglas, Ytterbiumtrifluorid und hochdispersen Siliziumdioxid.

Zusätzlich sind Katalysatoren und Stabilisatoren (0,2 Gew.-%) enthalten.

Physikalische Eigenschaften (laut Hersteller)

Biegefestigkeit	125	N/mm ²
Biegemodul	11000	N/mm ²
OH ⁻ Abgabe*	11	µg/cm ²
Ca ²⁺ Abgabe*	185	µg/cm ²
F ⁻ Abgabe*	55	µg/cm ²
Durchhärtungstiefe	5,3-5,8	mm
Druckfestigkeit	280	N/mm ²
Vickershärte HV 0,5/30	625	N/mm ²
Dichte	2.2	g/cm ³

(* Tris-Puffer pH 7.2 / 1 Woche) [39]

Physikalische Werte von unabhängigen Autoren

Biegefestigkeit	118,1	N/mm ²	[99]
Biegemodul	10600	N/mm ²	[81]
	7300	N/mm ²	[99]
Vickershärte	707	N/mm ²	[81]
Elastizitätsmodul	8,7	Gpa	[81]

3.2 Patientengut

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Dokumentation wurde an der Ludwig-Maximilians-Universität München in der Poliklinik für Zahnerhaltung eine Studie über einen neuen Füllwerkstoff durchgeführt. Um die Studie an freiwilligen Versuchspersonen durchführen zu können, wurde die Genehmigung der zuständigen Ethikkommission eingeholt

Seit Januar 1998 wurden hier von drei erfahrenen Zahnärzten der LMU-München insgesamt 93 von vorgesehenen 130 Füllungen mit dem ionenfreisetzenden Komposit gefüllt. Nach einem Zeitraum in den bereits 93 Füllungen gelegt worden waren, musste das Fortfahren der Füllungslegung eingestellt werden, weil es zu einigen schwerwiegenden Mängeln kam. Für diese Studie wurden Patienten ausgewählt, die nach Indikationsstellung für eine plastische Füllung im Seitenzahnbereich in Frage kamen. Das Rekrutieren erfolgte zufällig. Hauptsächlich wurden Patienten angesprochen, die eine Amalgamsanierung wünschten. So konnten in einem Zeitraum von 15 Monaten 21 Patienten behandelt werden, bei denen 15 einflächige, 49 zweiflächige, 23 dreiflächige und 6 vierflächige Füllungen gelegt wurden. Bei allen Zähnen war die Voraussetzung, daß sie keine Lockerung aufwiesen, der Sensibilitätstest positiv ausfiel und sie antagonistischen Kontakt hatten. Die Patienten erklärten sich bereit für die Nachuntersuchungen halbjährlich zu erscheinen und waren mit dem Dokumentationsverlauf der Restaurationen einverstanden.

Die Patienten wurden wahlweise den Zahnärzten für die halbjährliche Nachuntersuchung zugewiesen, um die individuellen Bewertungsmaßstäbe der verschiedenen Zahnärzte zu kalibrieren. Der Doktorand war für die Dokumentation und die Auswertungen der Nachuntersuchungen verantwortlich.

3.3 Behandlungsabschnitt

3.3.1 Legen der Füllungen

Nach gezielter Indikationsstellung wurden die Zähne für die notwendige Füllungstherapie vorbereitet. Im Fall einer Erstversorgung wurde die Karies entsprechend ihrer Ausdehnung restlos entfernt. Nach der Exkavation verbleibende Unterschnitte wurden belassen.

Bei Füllungsersatzkavitäten wurde der vorhandene Werkstoff sowie vorhandene Sekundärkaries restlos entfernt.

Alle okklusalen Kavitätenränder wurden mit einem Finierdiamanten (25-40 µm) geglättet und scharfe Kanten in horizontaler Richtung abgerundet.

Vor der Applikation des Liners wurde für eine ausreichende Trockenlegung mit Hilfe von Watterollen und Speichelzieher gesorgt. Auf eine absolute Trockenlegung mit Kofferdam wurde bewußt verzichtet, um eine praxisnahe Situation zu haben.

Bei Kavitäten der Klasse II wurden Stahlbandmatrizen (0.05 mm Stärke, Tofflemiresystem) angelegt und mit einem Ahornkeil approximal verkeilt, um eine zervikale Abdichtung gegen Überfüllung zu gewährleisten.

In die so vorbereitete Kavität wurde nun nach Desinfektion mit 3% H₂O₂ Lösung und Trocknung mittels Luftbläser der Liner für ca. 20 sec. einmassiert. Anschließend wurde der Liner mit ölfreier Luft verblasen und 1x 20 Sekunden mit der Polymerisationslampe Translux CL lichtgehärtet (Kulzer).

Danach wurde der Füllwerkstoff in die Kavität appliziert. Bei Restaurationen, die tiefer als 2mm waren, sowie in den approximalen Kästen wurde in mehreren Schichten appliziert und nach jeder Schicht für mind. 40 Sekunden belichtet.

Anschließend wurde das Matrizenband entfernt und die Füllung zusätzlich von approximal für 20 Sekunden belichtet.

Nach der Polymerisation erfolgte die okklusale und approximale Ausarbeitung mit handelsüblichen Finierern und Polierern (Silikon, 3M-Soflex, Enhance Polierkelche, Enhance Polierpaste und Bürsten).

Nach Fertigstellung der Füllung wurde eine Situationsabformung mittels Impregum (Espe,Seefeld) und starren Abformlöffel (Heko) vorgenommen.

Fallbeispiel:

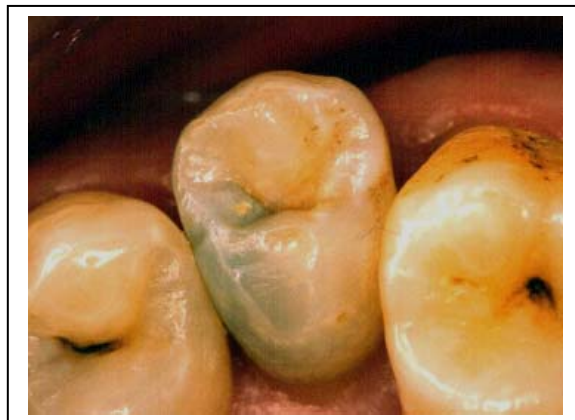


Abb.5 Diagnose: Mesiale Karies an einem linken oberen Prämolare (Zahn25)



Abb.6 Kariesfreie Kavität an Zahn 25



Abb.7 An dem Zahn 25 wurde für die Applikation eine Stahlmatrize angelegt, welche mit einem Holzkeil für einen dichten Abschluß sorgte.

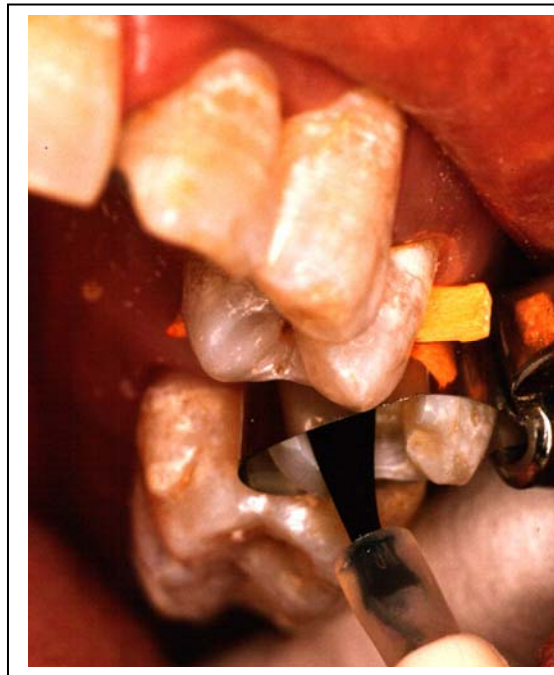


Abb.8 *Behandlung der Dentinwunde mit Liner an Zahn 25*



Abb.9 *Lichthärten des Liners für 20 sec.*



Abb.10 Applikation der ersten Schicht des Füllwerkstoffes an Zahn 25. Danach wurde für 40 sec. polymerisiert.



Abb.11 Einbringen der zweiten Schicht.



Abb.12 Letzte Schicht



Abb.13 Fertige Füllung an Zahn 25

3.3.2 Dokumentation

3.3.2.1 Dokumentation auf Dokumentationsbögen

Für eine exakte Dokumentation über einen längeren Zeitraum war es sehr wichtig, die Untersuchung systematisch und standardisiert mit Hilfe einer schriftlichen Vorlage durchzuführen. 1973 machten *Ryge* und *Snyder* [126] darauf aufmerksam, daß es für die objektive Beurteilung klinischer Untersuchungen ebenso wichtig ist standardisierte Methoden zu verwenden, wie sie in den In vitro-Untersuchungen schon angewendet wurden [126].

Unter der Berücksichtigung der Kriterien von *Ryge* und *Snyder* [127] entwickelten wir im Hinblick aller uns wichtig erscheinenden Bewertungskriterien einen Dokumentationsbogen (siehe Anhang 1) der von der Baseline Untersuchung über 6-Monate, 12-Monate und 18-Monate die Studie ausgefüllt wurde.

Die klinischen Beurteilungen erfolgten mit den üblichen zahnärztlichen Hilfsmitteln einer Befunderhebung (Sonde, Spiegel, Luftbläser).

Dabei wurden die Füllungen nach folgenden Kriterien bewertet:

A Oberfläche

Die Oberfläche wurde visuell und mit Hilfe einer Sonde auf ihre Oberflächenbeschaffenheit untersucht. Die Bewertung war glatt oder rau

Alpha	Oberfläche war glatt
Bravo	Oberfläche war rau

B Anatomische Formgebung

Alpha	Die Restauration sorgte für die anatomische Rekonstruktion des Zahnes
Bravo	Die Rekonstruktion war leicht über- bzw. unterkonturiert
Charlie	Die Rekonstruktion war stark über- bzw. unterkonturiert

C Marginale Adaptation

Alpha	Der Übergang zwischen Zahn und Füllung war nicht sondierbar
Bravo	Am Übergang war eine leicht negative bzw. positive Stufe sondierbar
Charlie	Am Übergang war eine stark negative bzw. positive Stufe sondierbar
Delta	Die Füllung mußte wegen Sekundärkaries oder Lockerung ersetzt werden

D Integrität des Zahnes

Alpha	Der Restzahn war unversehrt
Bravo	Am Restzahn waren leichte Absplitterungen oder Schmelzrisse zu erkennen
Charlie	Starke Absplitterungen führten zu freiliegendem Dentin
Delta	Es lag eine Höcker- bzw. Zahnfraktur vor

E Integrität der Füllung

Alpha	Die Füllung war unversehrt
Bravo	Der Füllwerkstoff wies eine leichte Absplitterung oder einen kleinen Riss auf
Charlie	Der Füllwerkstoff wies eine starke Absplitterung oder einen durch die gesamte Füllung ziehenden Riss auf
Delta	Die Füllung war aufgrund einer Fraktur oder Lockerung erneuerungsbedürftig

F Okklusion / Artikulation

Alpha	Die Okklusion war unverändert
Bravo	Die O/A. war so verändert, daß die klinische Situation noch akzeptabel war
Charlie	Eine stark veränderte O/A. führte zu klinisch reversiblen Schäden, welche ohne Füllungserneuerung behoben werden konnten
Delta	Eine starke O/A. führte zu einem Füllungs- bzw. Zahnverlust

Die Okklusion bzw. Artikulation wurde mit Hilfe einer Okklusionsfolie (Hanel, 12 μ -Stärke) geprüft.

G Approximalkontakt

Alpha	Der Approximalkontakt war physiologisch und mit Zahnseide gut durchgängig
Bravo	Der Approximalkontakt war etwas zu schwach bzw. zu stark. Der Patient hatte dadurch keine Beschwerden, so daß keine Behandlungsnotwendigkeit bestand.
Charlie	Aufgrund eines zu starken bzw. viel zu schwachen Approximalkontaktes hatte der Patient Beschwerden
Delta	Der Approximalkontakt führte durch die Fehlgestaltung zu einer traumatisierten Papille

H Sensibilität

Alpha	Die Sensibilität war unauffällig und damit positiv
Bravo	Der Zahn reagierte auf die Kälteprobe leicht verfrüht, verstärkt oder schwach
Charlie	Der Zahn reagierte auf die Kälteprobe stark verfrüht, verstärkt oder sehr schwach
Delta	Die Sensibilität war negativ bei positivem Ausgangsbefund

Die Sensibilitätsprüfungen wurden mit Kältespray (Firma Roeko) durchgeführt.

Die Bewertung durch die Behandler konnte aufgrund der langen Erfahrung und Kalibrierung als zuverlässig gelten.

I Beschwerden

Alpha	Der Patient hatte keine Beschwerden und war mit der Restauration zufrieden
Bravo	Der Patient berichtete über leichte Beschwerden. Hierbei war der behandelte Zahn entweder empfindlich auf kalt/warm, süß/sauer, auf Belastung oder reagierte spontan. Die Beschwerden konnten ohne Füllungsaustausch behoben werden
Charlie	Es konnte eine reversible Pulpitis diagnostiziert werden. Die vorhandene Restauration mußte entfernt werden und pulpaerhaltende Maßnahmen getroffen werden
Delta	Aufgrund starker pulpitischer Beschwerden mußte der Zahn endodontisch versorgt werden

3.3.2.2 Abdrucknahme

Alle Füllungen wurden nach dem Legen, nach 6-Monaten, 12-Monaten und nach 18-Monaten mit einem Polyätherabformmaterial (Impregum,ESPE) abgeformt. Dazu mußten die Zähne trocken und sauber sein.

3.3.2.3. Fotografie

Eine fotografische Ablichtung schloß die Dokumentation ab. Fotografiert wurden die Füllungen indirekt über einen Intraoralspiegel (hochglanzpolierte Edelstahlplatte), die das Objekt in die Kamera (Medical Nikon) auf ein Diapositiv (Agfa 400) spiegelte. Zuvor wurden die Okklusionskontakte mit schwarzer Okklusionsfolie (Hanel,0.15µm), die Artikulationskontakte mit roter Okklusionsfolie (Hanel,0.15µm) dargestellt. Für eine ausreichende Belichtung sorgte ein Spezialobjektiv mit eingebautem Blitz.

3.3.3 Ablauf der Nachuntersuchungen

Für die halbjährlichen Nachuntersuchungen wurden die an der Studie teilnehmenden Patienten in die Zahnerhaltung der LMU München einbestellt. Nach nochmaliger Aufnahme der Patientendaten konnte bei einer erneuten allgemeinen Befunderhebung der unveränderte Zahnbefund festgestellt werden.

Wie schon bei der Baseline-Untersuchung, wurden die Füllungen schrittweise, gemäß den Kriterien der Dokumentationsbögen hin untersucht, abgeformt und fotodokumentiert.

3.4 Bewertung der Füllungsänder unter dem Rasterelektronenmikroskop

3.4.1 Herstellung der Epoxidharzmodelle

Um die Kavitätenränder unter dem Rasterelektronenmikroskop beurteilen zu können, mußten Epoxidharzreplika der füllungstragenden Zähne hergestellt werden.

Die nach jeder Untersuchung genommenen Abdrücke dienten nach Desinfektion und Rückstellung der Polyäther Abformmasse (mind.1h) der Herstellung von Replika. Nach dem Auftragen eines Isolators, konnte das Epoxydharz (Epoxy-Die,Ivoclar) blasenfrei in den Abdruck gegossen werden. Nach einer Abbindezeit von mind. 24h wurden die Kunstharzmodelle entformt und getrimmt. Die Proben wurden so mit einem leitfähigen Kleber (Leit-C-Plast Neubauer Chemikalien) auf einen REM-Träger befestigt und anschließend in einer Sputteranlage (Polaron SEM Autocoating Unit E5200) unter Vakuum 300 sec bei einer Stromstärke von 10 mA mit Gold beschichtet.

3.4.2 Durchführung der quantitativen Randanalyse

Die Auswertung der Randanalyse konnte mit einem Rasterelektronenmikroskop (Leitz-AMR 1200, Fa. Leitz, Wetzlar) durchgeführt werden. Bei einer 200-fachen Vergrößerung wurde der okklusale Füllungsrand systematisch hinsichtlich Länge und Randqualität vermessen. Hierbei wird auf dem Monitor des REM ein Einzelbild digitalisiert. Der vergrößerte Randabschnitt wird auf seiner Länge mit den sechs Qualitätsmerkmale beurteilt. Segmentweise werden alle Randabschnitte aneinander gefügt und es wird so der gesamte Füllungsrand auf seiner Gesamtlänge hin gemessen. Prozentual werden die Anteile der verschiedenen Kriterien von der Gesamtlänge berechnet. Die Randqualität wurde nach folgenden Kriterien bewertet:

A - Perfekter Randschluß

Der Übergang zwischen Schmelz und Komposit war kontinuierlich

B - Überschuß

Der Präparationsrand war mit Komposit verdeckt

C - Unterschuß

Ein Materialdefizit führte zu einer negativen Stufe am Präparationsrand und es war kein Spalt zu erkennen.

D - Randspalt

Zwischen Zahn und Komposit war kein direkter Verbund

E - Artefakte

Der Randbereich war wegen Blasen, Artefakten oder Inhomogenitäten nicht zu beurteilen

F - Fraktur

Am Präparationsrand war ein Materialverlust durch Fraktur am Zahn oder am Komposit zu erkennen.

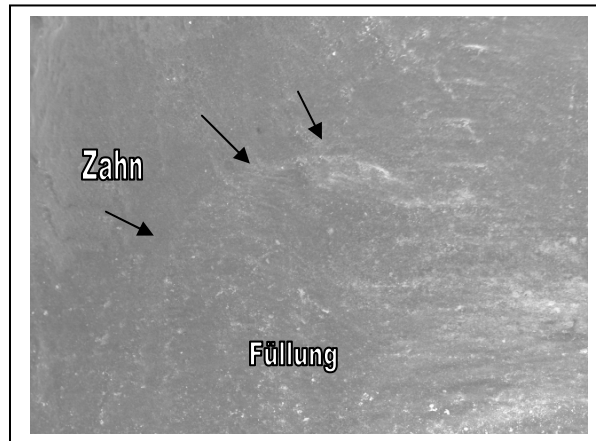


Abb.14 Rasterelektronenmikroskopische Darstellung eines perfekten Überganges zwischen Zahn und Füllung bei 200 facher Vergrößerung

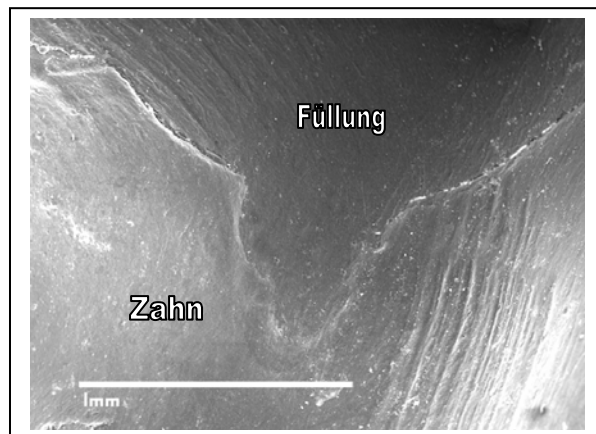


Abb.15 Rasterelektronenmikroskopische Darstellung eines Überschusses

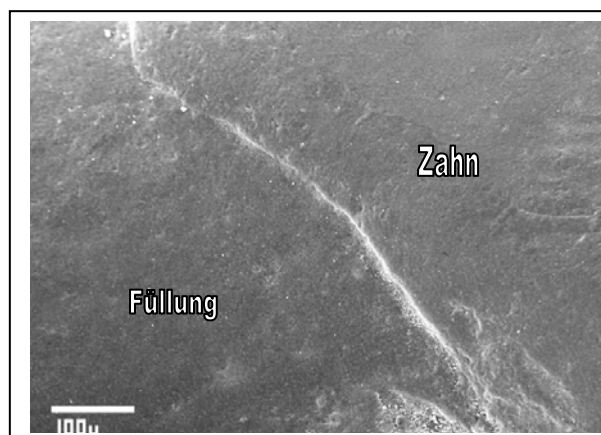


Abb.16 Rasterelektronenmikroskopische Darstellung eines Unterschusses

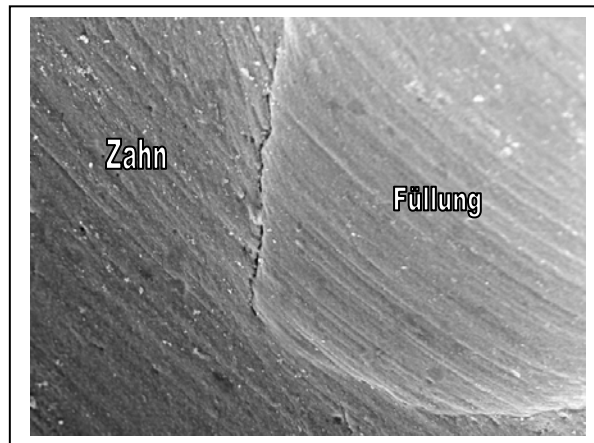


Abb.17 Rasterelektronenmikroskopische Darstellung für einen Spalt zwischen Zahn und Füllung bei ca.120 facher Vergrößerung

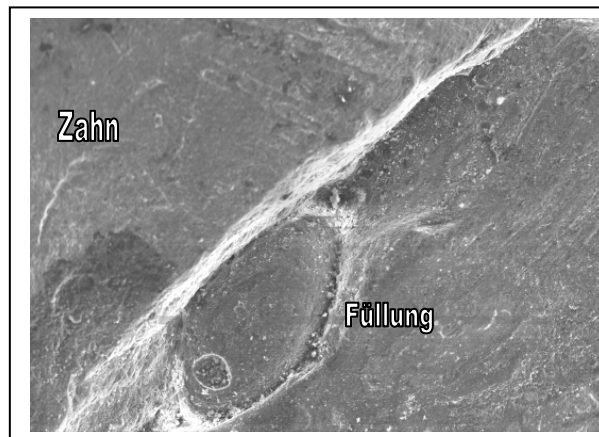


Abb.18 Beispiel einer rasterelektronenmikroskopischen Darstellung eines Artefaktes zwischen Zahn und Füllung bei ca. 50 facher Vergrößerung

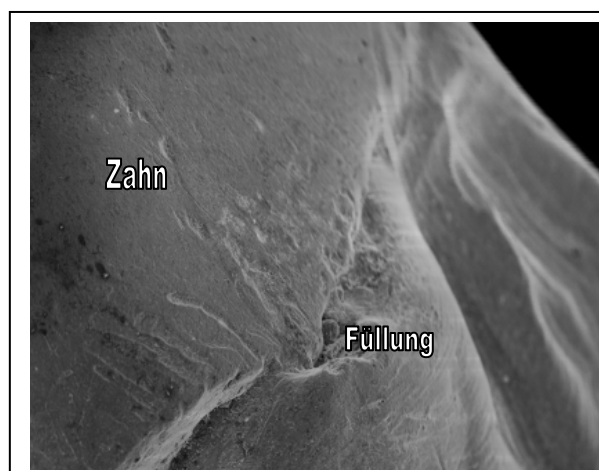


Abb.19 Rasterelektronenmikroskopische Darstellung einer Füllungsrandfraktur zwischen Zahn und Füllung bei ca.10 facher Vergrößerung

3.5 Abrasionssmessung

3.5.1 Herstellung der Gipsreplika

Für die Abrasionssmessung war es notwendig, von den zu untersuchenden Zähnen Gipsreplikas zu erstellen. Dazu wurden die vorhandenen Abdrücke mit einem Superhartgips der Klasse IV (Fujirock, weiss der Firma GC) unter Berücksichtigung der genauen Mischungsverhältnisse blasenfrei ausgegossen. Nach der Aushärtung wurden die Gipsmodelle zurechtgetrimmt.

3.5.2 3D-Oberflächen-Laservermessung

Das von *A. Mehl* [103] entwickelte Laservermessungsgerät (3D-Laserscan, Willytec, München), war die Grundlage für die heute aktuelle Methode einer genauen Verschleißanalyse. Hierbei handelt es sich um einen 3D-Sensor, der mit einem Triangulationswinkel von 22° und einer Abtastrate von bis zu 10000 Oberflächenpunkte pro Sekunde in der Lage ist, eine Oberfläche dreidimensional zu vermessen und optisch wiederzugeben [103]. Ein Laserstrahl, erzeugt durch eine Halbleiter-Laserdiode, wird mit einer Breite von $25\mu\text{m}$ auf das zu vermessene Objekt projiziert. Die einzeln aufgenommenen Messpunkte auf einem CCD-Chip können als Höhenprofil ausgewertet und optisch dargestellt werden.

Dieser neue optische 3D-Sensor eignet sich aufgrund seiner hohen Genauigkeit und der kurzen Vermessungszeit sehr gut zur Abriebbestimmung von Füllwerkstoffen in klinischen Studien. Anhand der so gewonnenen Daten kann mit einer bestimmten Software der Abrieb volumetrisch quantifiziert werden.

3.5.3 3-D Vermessung und Auto-Matching

Für die Vermessung wurden die zurechtgetrimmten Gipsmodelle einzeln mit dem Lasersensor vermessen und gespeichert.

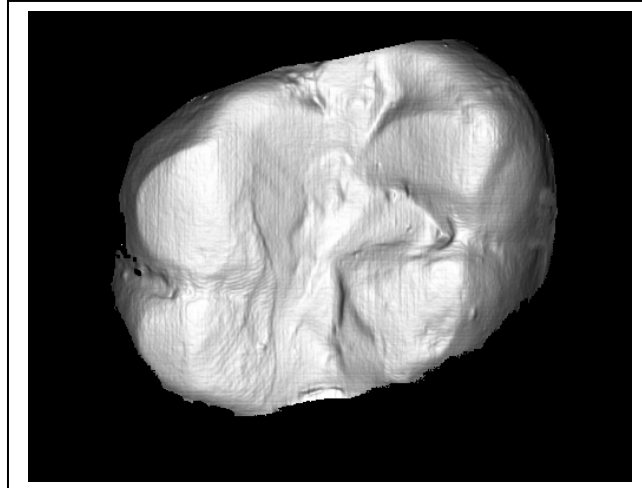


Abb.20 Zahn als Gipsreplika vermessen nach dem Legen der Füllung

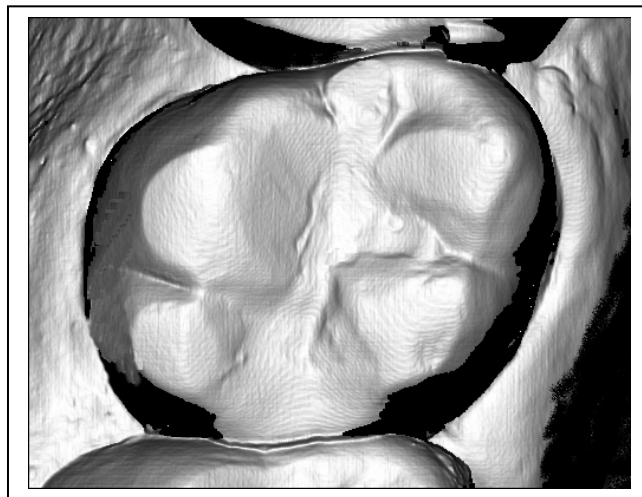


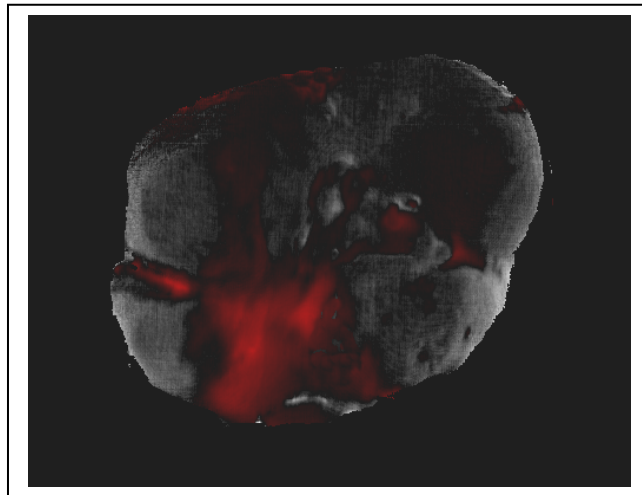
Abb.21 Zahn als Gipsreplika vermessen nach einer Tragezeit von 6-Monaten

Nun konnten Differenzbilder der zu vergleichenden Füllungen der ersten, zweiten und dritten Nachuntersuchung mit der jeweiligen Füllung des Ausgangsbefundes nach der Methode des Auto-Matching erstellt werden [103]. Hierfür war es hilfreich, den Hintergrund wie in Abb.20 auszublenden, um eventuelle Störfelder beim Überlagerungsprozess zu reduzieren. Dazu ist es auch von großer Bedeutung drei

korrespondierende Punkte zu wählen, die keinem Verschleiß unterlagen (z.B. Grübchen, Fissuren).

Nach dem Bestimmen der Referenzpunkte wurde das Auto-Matching gestartet.

Die Überlagerung der Ausgangs- und Nachuntersuchungsmodelle erfolgte mit Hilfe des Programmes Match-3-D [87].



*Abb.22 Differenzbild des Zahnes aus Abb.(20 u.21).
Das rote Gebiet entspricht dem Substanzverlust nach 6 Monaten durch
Abrasion.*

3.5.3.1 Auswertung der Differenzbilder

Die Überlagerung der Ausgangsmodelle und Nachuntersuchungsmodelle zeigte die Zonen eines Verschleißes visuell. Darüber hinaus wurden aber auch Werte für weitere statistische Auswertungen gespeichert. Mit Hilfe des Programmes Match-3-D konnte das totale Verschleißvolumen, der Mittelwert, der Median, die 0,5%-, 1%-, 2%-, 10%-, 20%-, 80%-, 90%-Quantile, der maximale bzw. minimale vertikale Abrasionsverlust und die Anzahl der Pixel ermittelt werden.

3.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung, sowie die Auswertung der Daten aus den klinischen Dokumentationsbögen erfolgte mit dem Friedmann-Test und dem Kendall-W-Test bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$. Die Daten wurden mit Hilfe des Statistikprogrammes SPSS 10 für Windows98 (SPSS GmbH, München) ausgewertet.

4 Ergebnisse

4.1 Auswertung der Dokumentationsbögen

4.1.1 Verlust der Füllungen

Abb.23 zeigt den prozentualen Anteil der Füllungen, die im Verlauf von 18 Monaten ersetzt werden mußten.

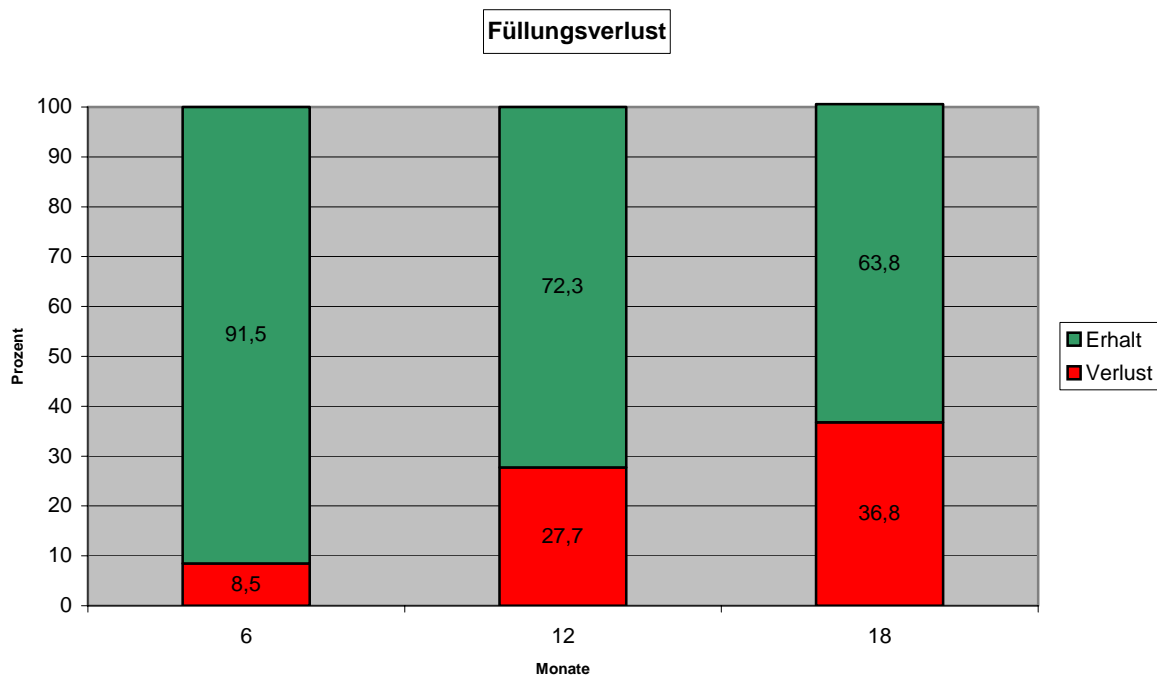


Abb.23 Grafische Darstellung über den Verlust der Füllungen (n= 47) in Prozent nach 6, 12 und 18 Monaten. Die Gruppen markieren signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Kendall-W-Test.

Nach 6 Monaten mußten 8,5%, nach 12 Monaten bereits 27,7% und nach 18 Monaten mußten 36,8% der Restaurationen wieder entfernt werden.

4.1.2 Vergleich der Füllungsverluste zwischen Klasse I und II Kavitäten

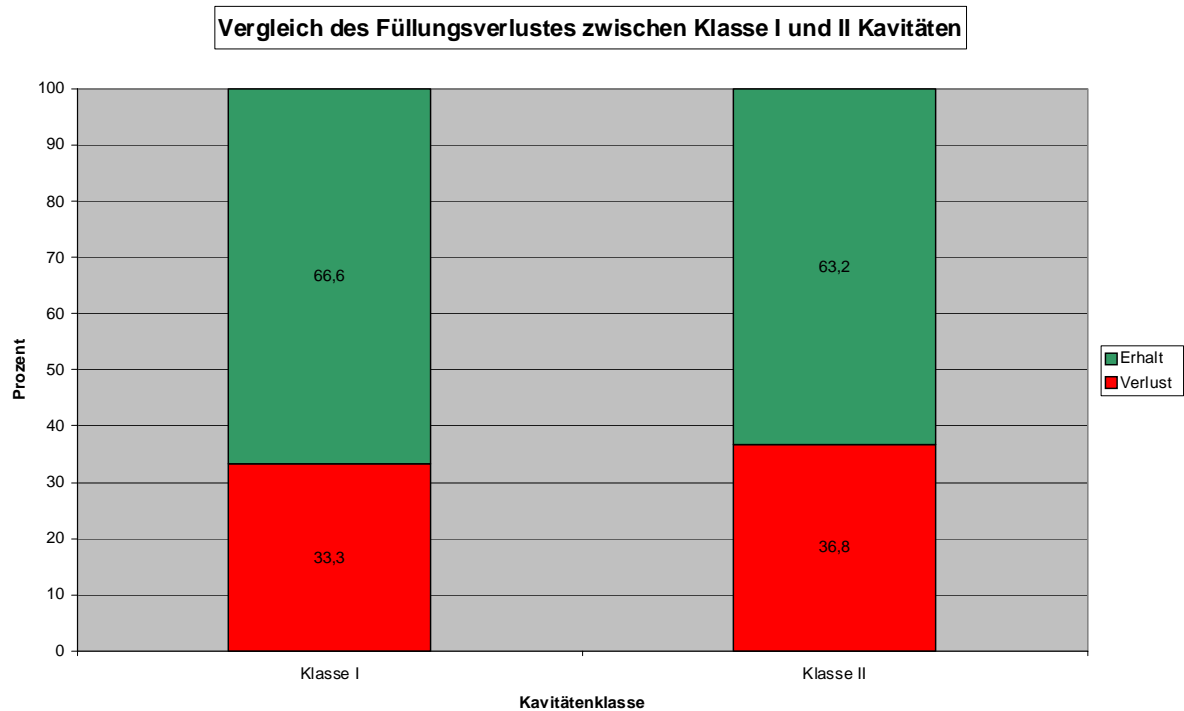


Abb.24 Grafische Darstellung über den Vergleich der Füllungsverluste unter den Kavitätenklasse I und II nach 18 Monaten. (Klasse I, n=9; Klasse II, n=38)

Nach 18 Monaten mussten insgesamt 17 Füllungen ausgetauscht werden. Davon waren es 33,3% unter den Klasse I Kavitäten und 36,8% unter den Klasse II Kavitäten.

4.1.3 Beschwerden

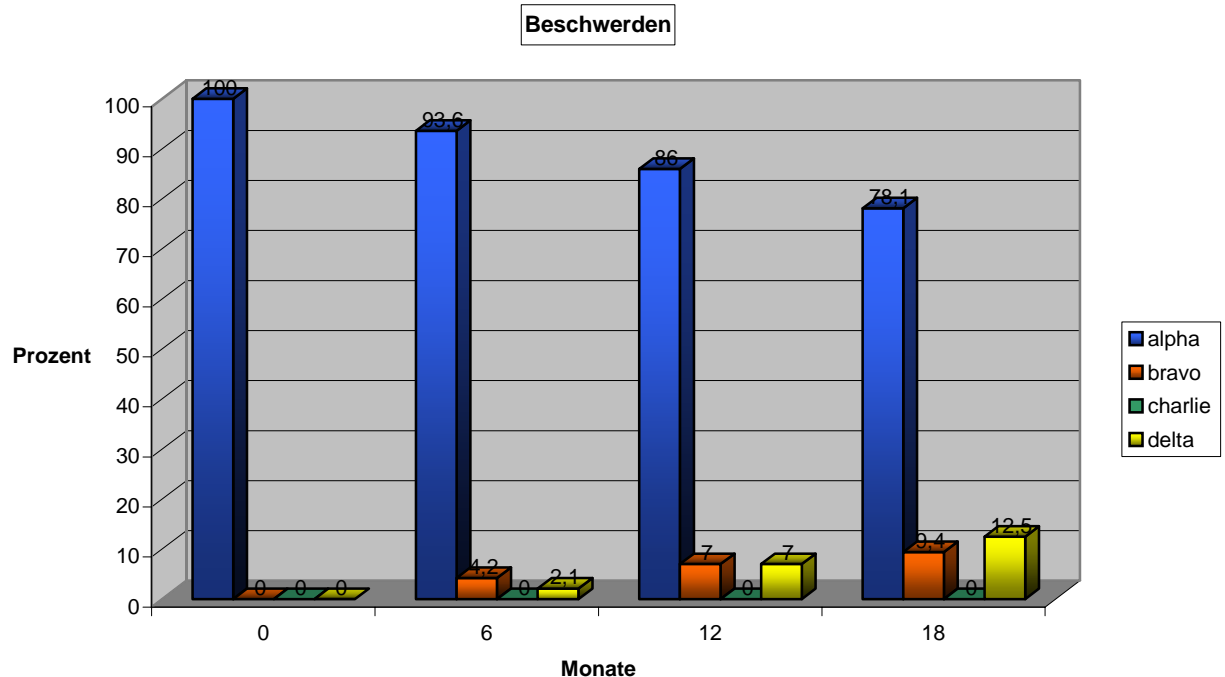


Abb.25 Grafische Darstellung der Beschwerden in Prozent nach 6, 12, 18 Monaten (n=47). Die Gruppen zeigen eine signifikante Veränderung im Verlauf von 18 Monaten, ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Kendall-W-Test.

Alpha	Der Patient hatte keine Beschwerden und war mit der Restauration zufrieden
Bravo	Der Patient berichtete über leichte Beschwerden. Hierbei war der behandelte Zahn entweder empfindlich auf kalt/warm, süß/sauer, auf Belastung oder reagierte spontan. Die Beschwerden konnten ohne Füllungs austausch behoben werden
Charlie	Es konnte eine reversible Pulpitis diagnostiziert werden. Die vorhandene Restauration mußte entfernt werden und pulpaerhaltende Maßnahmen getroffen werden
Delta	Aufgrund starker pulpitischer Beschwerden mußte der Zahn endodontisch versorgt werden

Für die Studie wurden nur vitale, symptomfreie Zähne ausgesucht, die unmittelbar nach der Versorgung zu 100% beschwerdefrei waren.

Nach 6 Monaten reagierten 4,2% auf Kälteprovokation leicht verfrüht. Ein Zahn mußte endodontisch versorgt werden, was einer Deltawertung von 2,1% entspricht.

Bereits nach 12 Monaten waren 7% endodontisch versorgt, 7% hatten eine „Bravo“ Bewertung und 86% waren beschwerdefrei.

Beschwerdefrei konnten nach 18 Monaten 78,1% befundet werden.

9,4% reagierten auf den Sensibilitätstest leicht verfrüht und drei Zähne waren bereits endodontisch versorgt, was einer Delta Bewertung entspricht.

4.1.4 Sensibilität

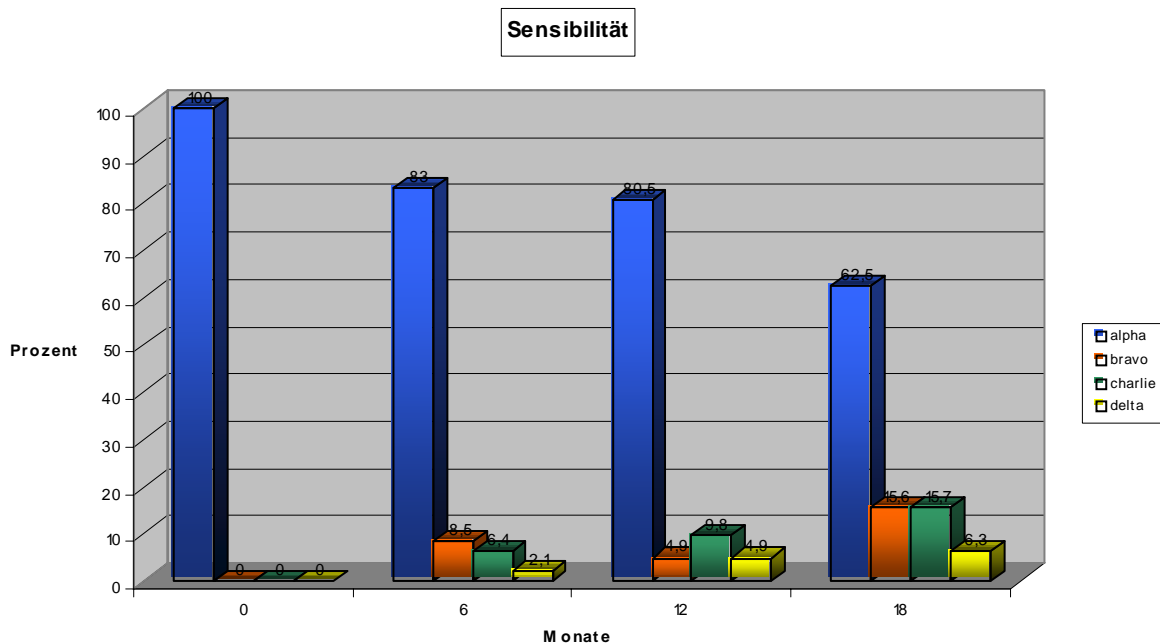


Abb.26 Grafische Darstellung der Sensibilität in Prozent im Verlauf von 18 Monaten ($n=47$). Die Gruppen zeigen eine signifikante Veränderung im Verlauf von 18 Monaten, ($p<0,05$) nach Analyse mit dem Kendall-W-Test.

Alpha	Die Sensibilität war unauffällig und damit positiv
Bravo	Der Zahn reagierte auf die Kälteprobe leicht verfrüht, verstärkt oder schwach
Charlie	Der Zahn reagierte auf die Kälteprobe stark verfrüht, verstärkt oder sehr schwach
Delta	Die Sensibilität war negativ bei positivem Ausgangsbefund

Beim Anfangsbefund waren alle Zähne sensibel und klinisch unauffällig. Schon nach der ersten Nachuntersuchung zeigten 8,5% eine leicht verfrühte Reaktion die durch die Bravo Bewertung ausgedrückt wurde. Eine stark verfrühte Reaktion zeigten 6,4%, die durch Charlie Bewertung dokumentiert wurde. 2,1% reagierten auf einen Sensibilitätstest negativ, was der Bewertung „Delta“ entspricht.

Nach 12 Monaten zeigten sich noch 80,5% der Zähne sensibel, („Alpha“).

4,9% hatten die Wertung Bravo, 9,8% Charlie und 4,9% keine Reaktion auf Kälte.

Die Ergebnisse nach 18 Monaten zeigten eine weitere Reduzierung der Alpha Wertung auf 62,5%, mit einem Anstieg der Bravo auf 15,6%, der Charlie mit 15,7% und einer Delta Wertung von 6,3%.

4.1.5 Integrität des Zahnes

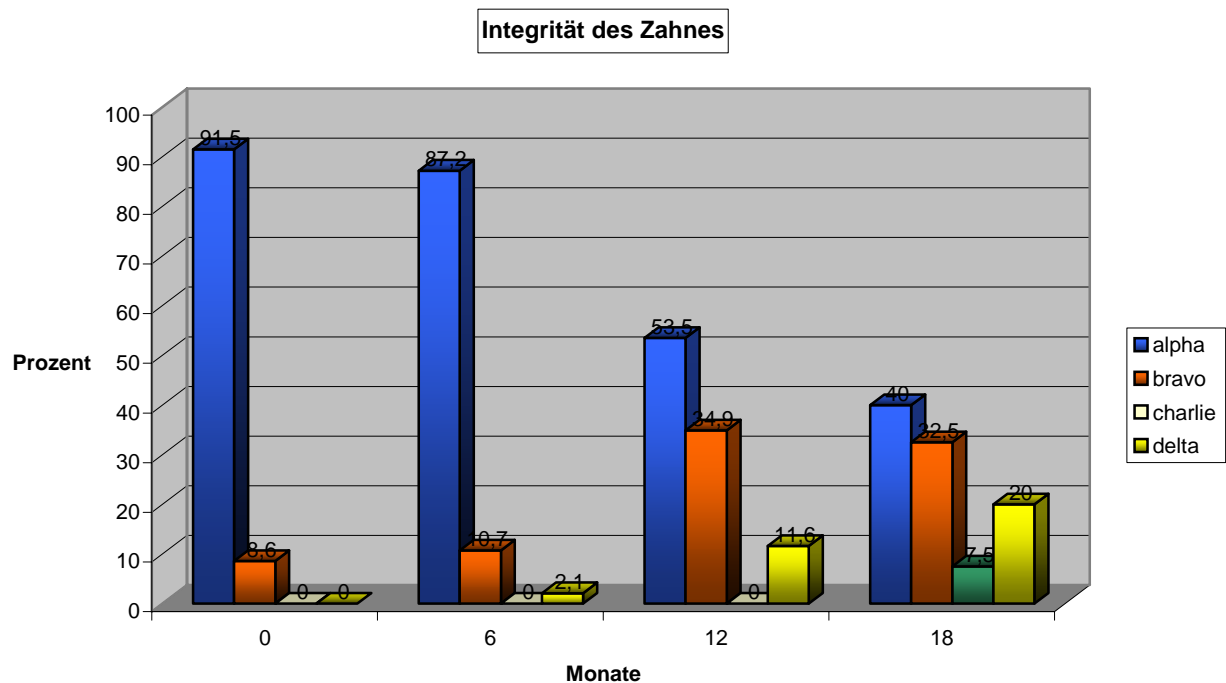


Abb.27 Grafische Darstellung der Integrität des Zahnes in Prozent im Verlauf von 18 Monaten ($n=47$). Die Gruppen zeigen eine signifikante Veränderung im Verlauf von 18 Monaten, ($p<0,05$) nach Analyse mit dem Kendall-W-Test.

Alpha	Der Restzahn war unversehrt
Bravo	Am Restzahn waren leichte Absplitterungen oder Schmelzrisse zu erkennen
Charlie	Starke Absplitterungen führten zu freiliegendem Dentin
Delta	Es lag eine Höcker- bzw. Zahnfraktur vor

Mit dem Verlauf der Nachuntersuchungen ist zu erkennen, daß die anfangs gute Integrität des Zahnes von 91,5% nach 6 Monaten mit 87,2%, nach 12 Monaten mit 53,5% und nach 18 Monaten noch mit 40% mit Alpha zu bewerten war.

Die Bravowerte sind nach der Baseline von 8,6% auf 10,7% nach 6 Monaten, weiter auf 34,9% nach 12 Monaten und nach 18 Monaten auf einen Wert mit 32,5% gestiegen. Die Charliewerte waren nach 18 Monaten bei 7,5%. Die Deltawerte waren bei der Baseline 0%, nach 6 Monaten 2,1% nach 12 Monaten 11,6% und nach 18 Monaten 20%.

4.1.6 Oberflächenbeschaffenheit

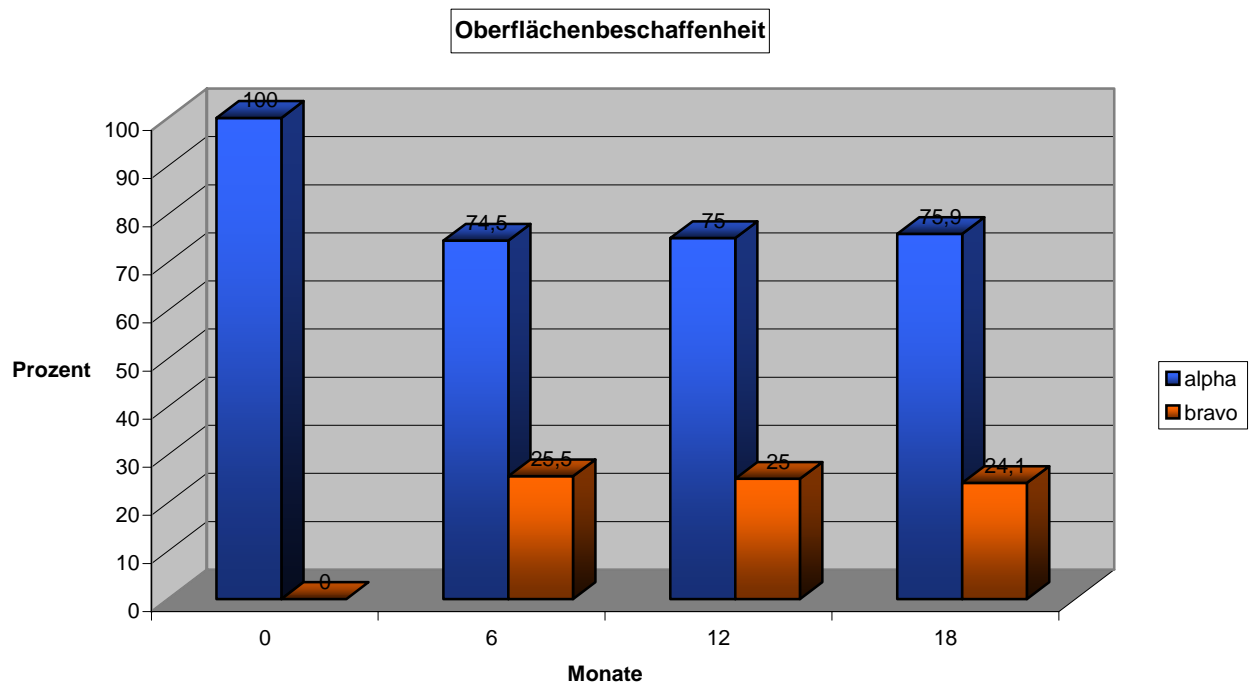


Abb.28

Grafische Darstellung der Oberflächenbeschaffenheit in Prozent im Verlauf von 18 Monaten (n=47). Die Gruppen zeigen eine signifikante Veränderung im Verlauf von 18 Monaten, ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Kendall-W-Test.

Alpha	Oberfläche war glatt
Bravo	Oberfläche war rau

Direkt nach der Applikation der Füllung war die Oberfläche gut poliert und somit zu 100% Alpha.

Bereits nach 6 Monaten war zu beobachten, daß die Oberfläche an Rauigkeit deutlich zunahm. Die Alphawerte kamen auf 74,5%.

Nach 12 Monaten konnte die Oberfläche noch mit 75% Alpha bewertet werden.

Weitere 6 Monate brachten keine zusätzliche Verschlechterung. Die Alphawerte nach 18 Monaten lagen bei 75,9%.

4.1.7 Marginale Adaptation

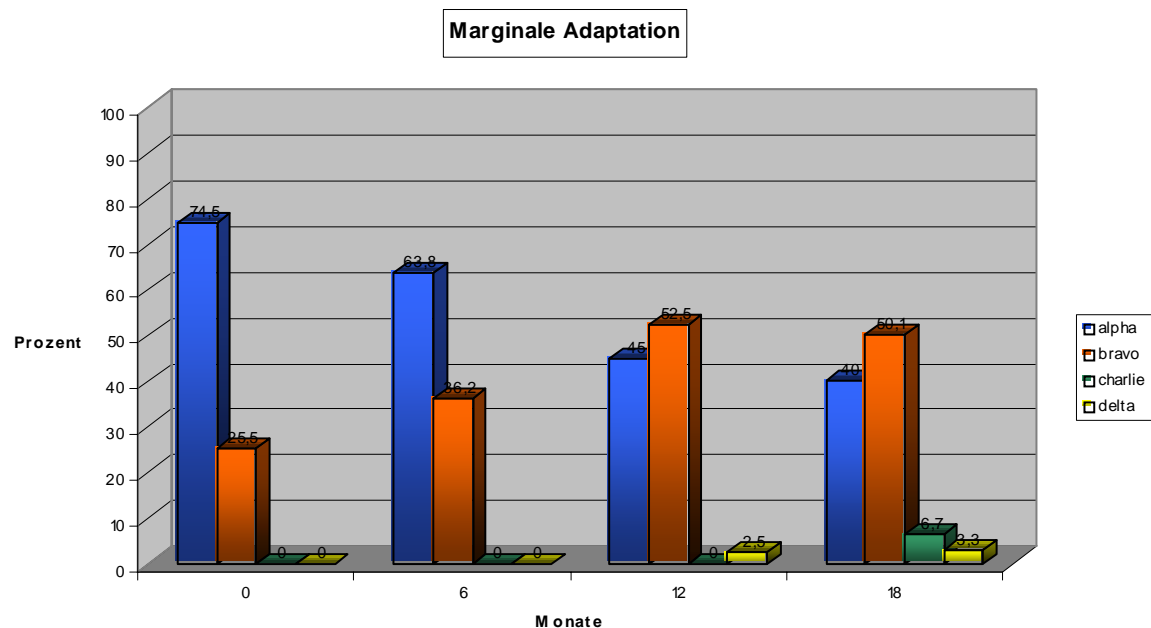


Abb.28 Grafische Darstellung der marginalen Adaptation in Prozent im Verlauf von 18 Monaten ($n=47$). Die Gruppen zeigen eine signifikante Veränderung im Verlauf von 18 Monaten, ($p<0,05$) nach Analyse mit dem Kendall-W-Test.

Alpha	Der Übergang zwischen Zahn und Füllung war nicht sonderbar
Bravo	Am Übergang war eine leicht negative bzw. positive Stufe sonderbar
Charlie	Am Übergang war eine stark negative bzw. positive Stufe sonderbar
Delta	Die Füllung mußte wegen Sekundärkaries oder Lockerung ersetzt werden

Hatten anfänglich 74,5% der Restaurationen eine exzellente marginale Integrität, so wurden ein halbes Jahr später noch 63,8% mit Alpha bewertet. Die Bravobewertung stieg nach 6 Monaten von 25,5% bei der Baselineuntersuchung auf 36,2%. Charlie und Delta Bewertung wies keine der Füllungen auf.

Nach 12 Monaten wurde die marginale Adaptation 45% der Füllungen mit Alpha, 52,5% mit Bravo, 0% mit Charlie und 2,5% mit Delta bewertet.

Die Ergebnisse nach 18 Monate zeigten eine weitere Reduzierung der Alphawertung auf 40% und einen Anstieg der Bravo Werte auf 50,1%.

6,7% bekamen eine Charlie Wertung aufgrund von Randspaltbildung. Eine Füllung mußte aufgrund von Sekundärkaries ersetzt werden, was einer Delta Bewertung von 3,3% entsprach.

4.1.8 Anatomische Formgebung

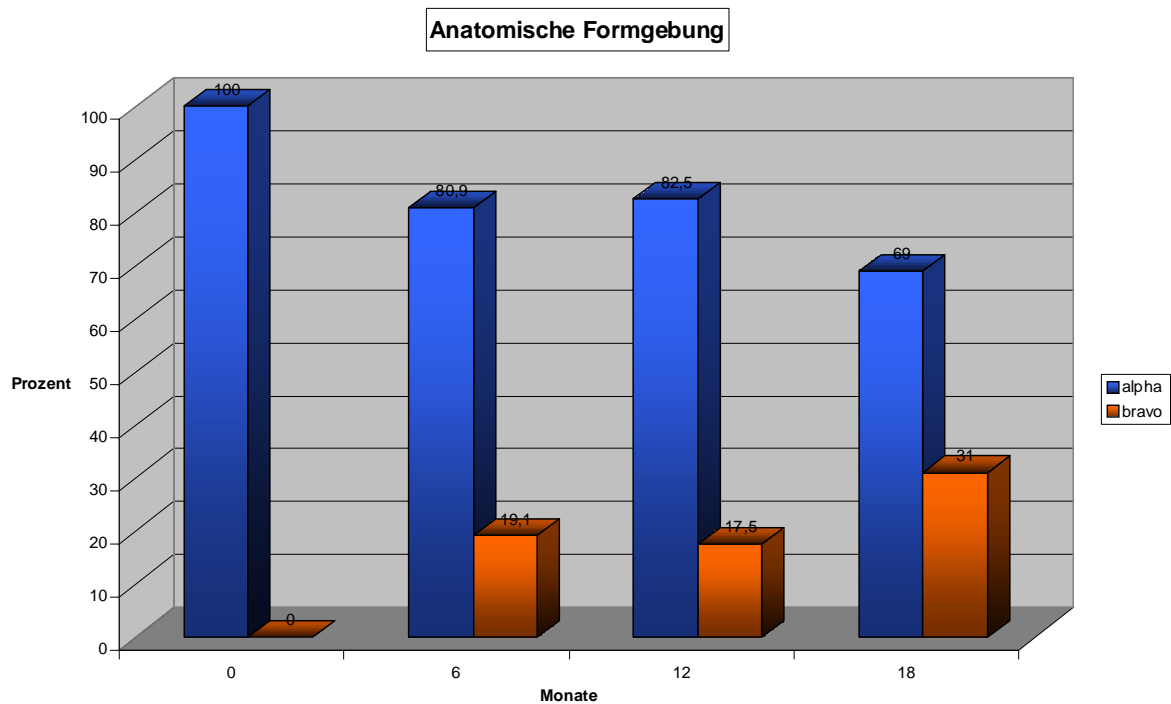


Abb.30 Grafische Darstellung der anatomischen Formgebung in Prozent im Verlauf von 18 Monaten ($n=47$). Die Gruppen zeigen eine signifikante Veränderung im Verlauf von 18 Monaten, ($p<0,05$) nach Analyse mit dem Kendall-W-Test.

Alpha	Die Restauration sorgte für die anatomische Rekonstruktion des Zahnes
Bravo	Die Rekonstruktion war leicht über- bzw. unterkonturiert
Charlie	Die Rekonstruktion war stark über- bzw. unterkonturiert

Bei der anatomischen Formgebung wurde die Bewertung von anfangs 100% Alpha auf 69% zugunsten von Bravo abgestuft.

4.1.9 Okklusionskontakt

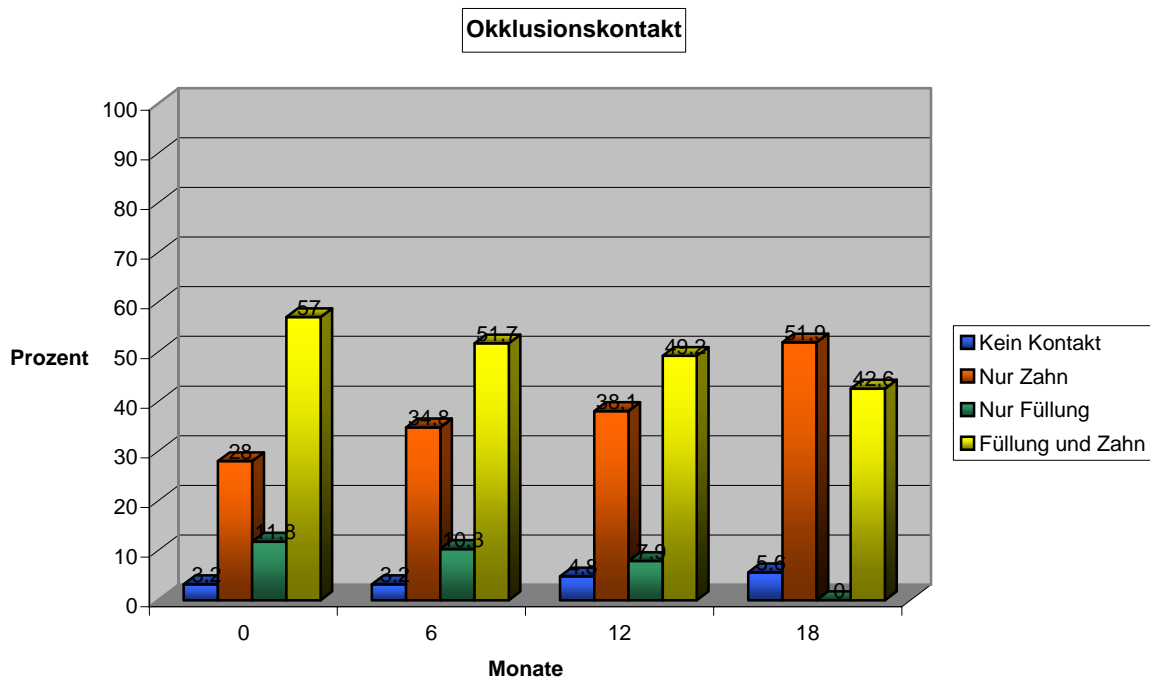


Abb.31 Grafische Darstellung der Okklusionskontakte im Verlauf von 18 Monaten (n= 47) Die Gruppen zeigen eine signifikante Veränderung im Verlauf von 18 Monaten, ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Kendall-W-Test.

Alpha	Die Okklusion war unverändert
Bravo	Die O/A. war so verändert, daß die klinische Situation noch akzeptabel war
Charlie	Eine stark veränderte O/A. führte zu klinisch reversiblen Schäden, welche ohne Füllungserneuerung behoben werden konnten
Delta	Eine starke O/A. führte zu einem Füllungs- bzw. Zahnverlust

Abb.30 zeigt die Veränderung der okklusalen Kontakte. Bei der Baseline lagen die okklusalen Kontaktareale zu 57% auf Zahn und Füllung verteilt. 28% hatten nur auf dem Zahn Kontakt, 11,8% nur auf der Füllung und 3,2% hatten keinen antagonistischen Kontakt.

Nach 18 Monaten nahmen die Kontakte nur auf dem Zahn auf 51,9% zu. Die prozentualen Anteile auf Zahn und Füllung bezogen nahmen auf 42,6% ab.

4.1.10 Integrität der Füllung

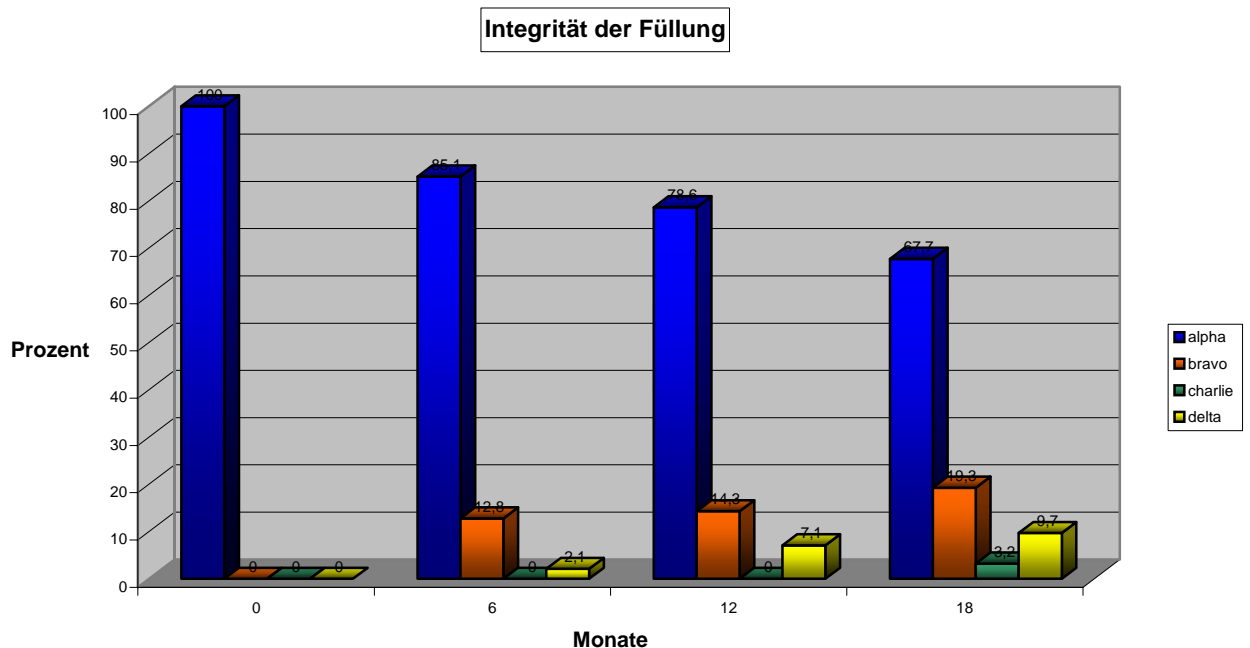


Abb.32 Grafische Darstellung der Integrität der Füllung in Prozent im Verlauf von 18 Monaten ($n=47$). Die Gruppen zeigen eine signifikante Veränderung im Verlauf von 18 Monaten, ($p<0,05$) nach Analyse mit dem Kendall-W-Test.

Alpha	Die Füllung war unversehrt
Bravo	Der Füllwerkstoff wies eine leichte Absplitterung oder einen kleinen Riss auf
Charlie	Der Füllwerkstoff wies eine starke Absplitterung oder einen durch die gesamte Füllung ziehenden Riss auf
Delta	Die Füllung war aufgrund einer Fraktur oder Lockerung erneuerungsbedürftig

Im Verlauf der 18 Monate zeigten die Restaurationen eine Veränderung der Alpha Wertung von 100% Baseline auf 85,1% nach 6 Monaten, 78,6% nach 12 Monaten und 67,7% nach 18 Monaten. Die Bravo Wertung stieg von anfänglich 0% auf 12,8% nach 6 Monaten, 14,3% nach 12 Monaten und 19,3% nach 18 Monaten. Die Charlie Wertung wurde nach 6 Monaten mit 0%, nach 12 Monaten mit 0%, und nach 18 Monaten mit 3,2% bewertet. Nach 18 Monaten waren 9,7% der Restaurationen sofort zu erneuern, was einer Delta Bewertung entspricht.

4.2 Auswertung der Abrasionsmessung

4.2.1 Mittlerer Abrieb

Die Grafik (Abb.33) zeigt den Abrasionsverlust des Werkstoffes im Verlauf von 18 Monaten.

Der mittlere Abrieb nach 6 Monaten betrug $37,1\mu\text{m}$.

Nach 12 Monaten lag der Abrasionsverlust bei $60,81\mu\text{m}$. Die Replika der 18 Monate alten Füllungen wiesen einen mittleren Abrieb von $88,07\mu\text{m}$ auf.

Abrieb [μm]

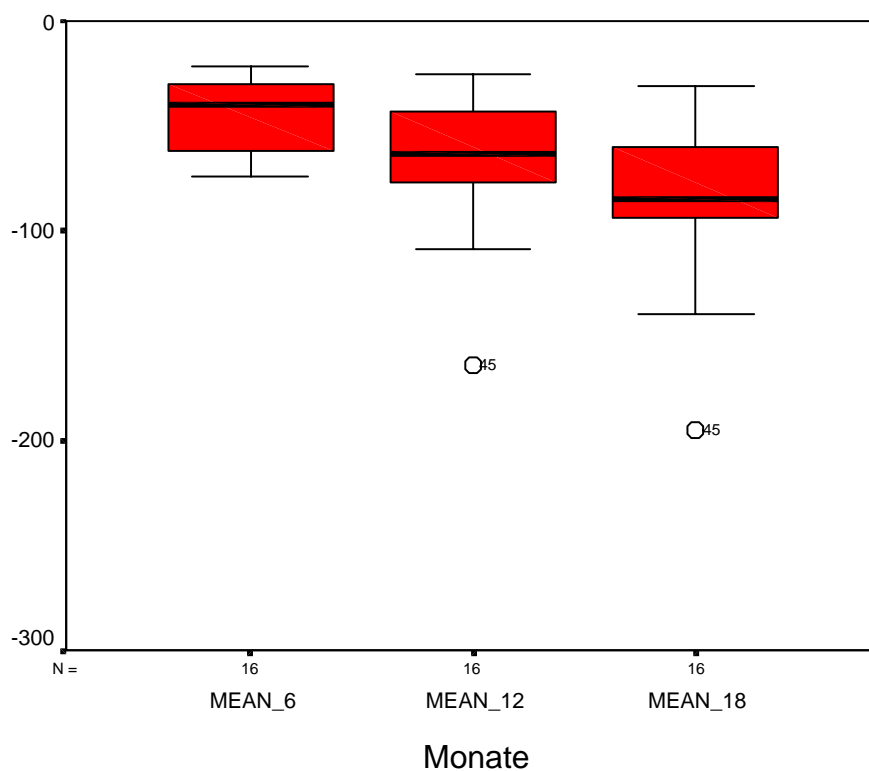


Abb.33 Grafische Darstellung des mittleren Abriebs in [μm] im Verlauf von 18 Monaten. Die negativen Abriebswerte der untersuchten Füllungen, zeigen die mittlere Höhendifferenz zu der jeweiligen Füllung der Baselineuntersuchung an. Die Werte weisen einen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) auf, nach Analyse mit dem Friedman-Test.

4.2.2 Maximaler Höhenverlust

Der maximale Höhenverlust beschreibt die tiefsten Areale auf der Füllung.

Nach 6 Monaten wurden im Mittelwert 447,84 μm an maximalem Höhenverlust gemessen. Nach 12 Monaten lag der HV_{max} im Mittelwert bei 505,83 μm und nach 18 Monaten bei 542,75 μm signifikant höher als bei der Baselineuntersuchung.

Abrieb [μm]

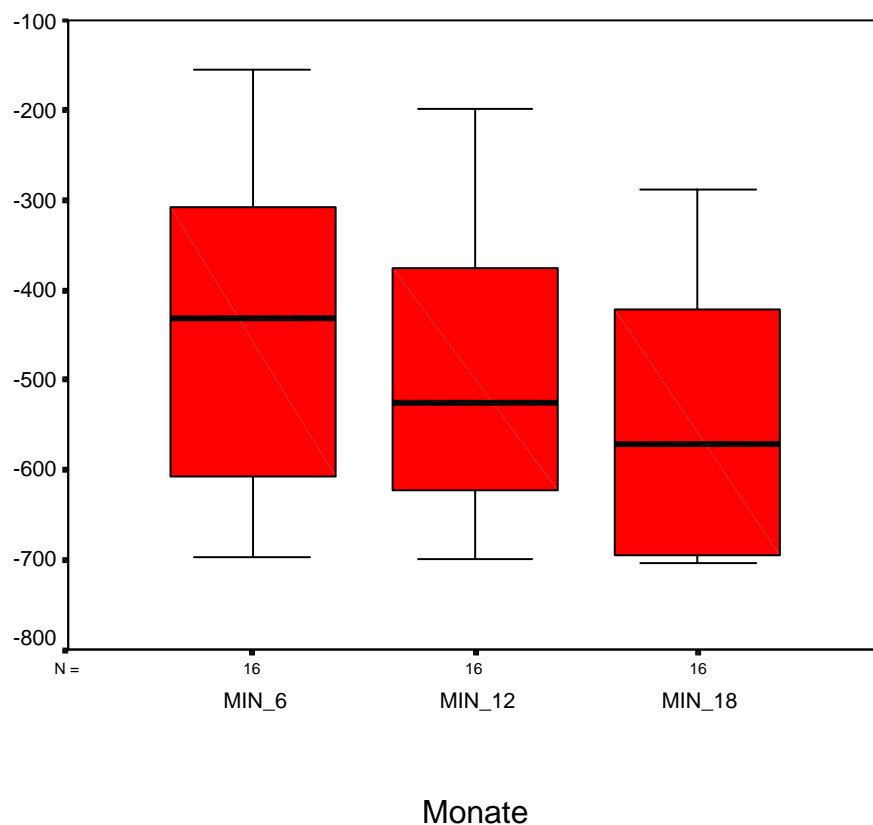
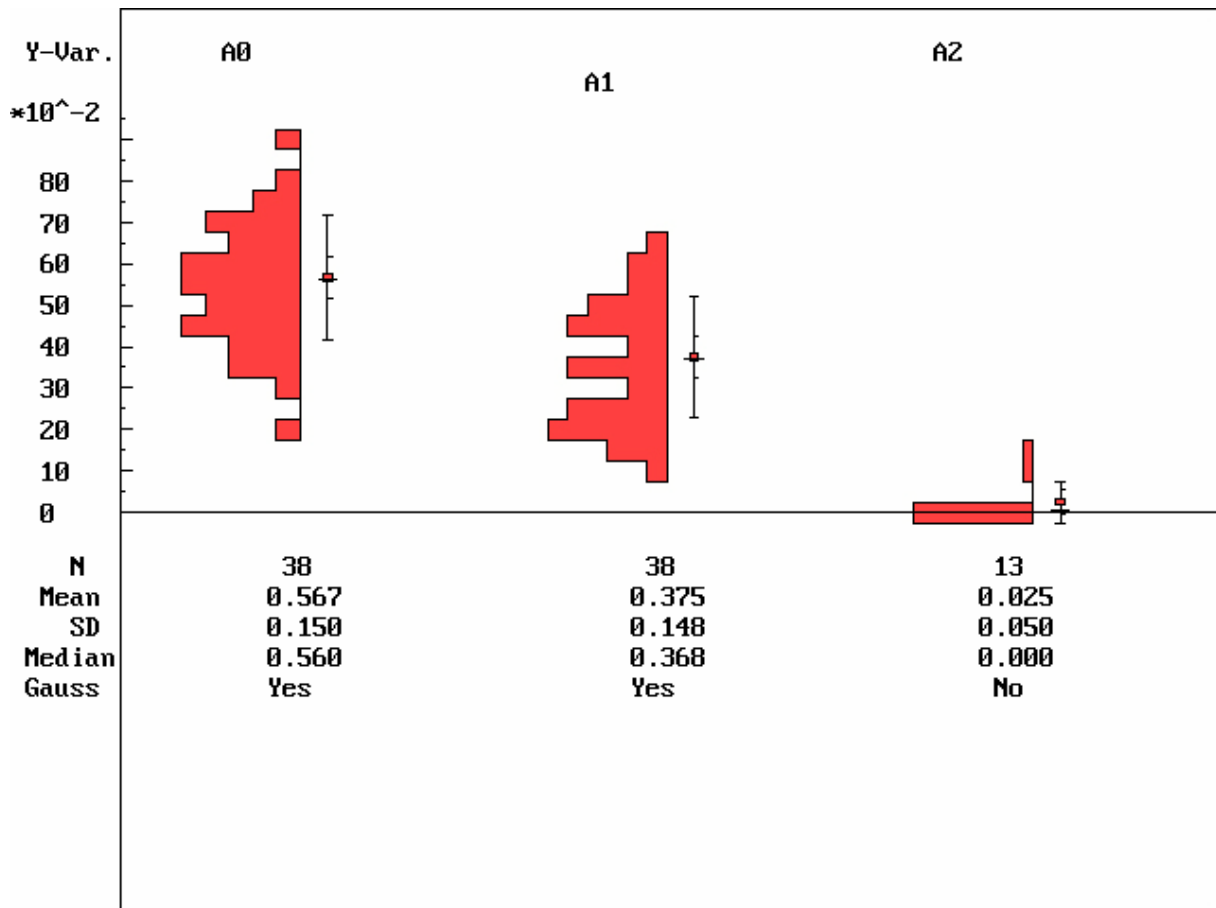


Abb.34 Grafische Darstellung des maximalen Höhenverlustes (HV_{max}) in [μm] im Verlauf von 18 Monaten. Die negativen Abriebswerte zeigen die Areale mit den maximalsten Höhendifferenzen zwischen den Füllungen der Baseline- und der jeweiligen Nachuntersuchung an. Die Werte weisen einen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) auf, nach Analyse mit dem Friedmann-Test.

4.3 Auswertung der Randanalyse

4.3.1 Perfekter Rand

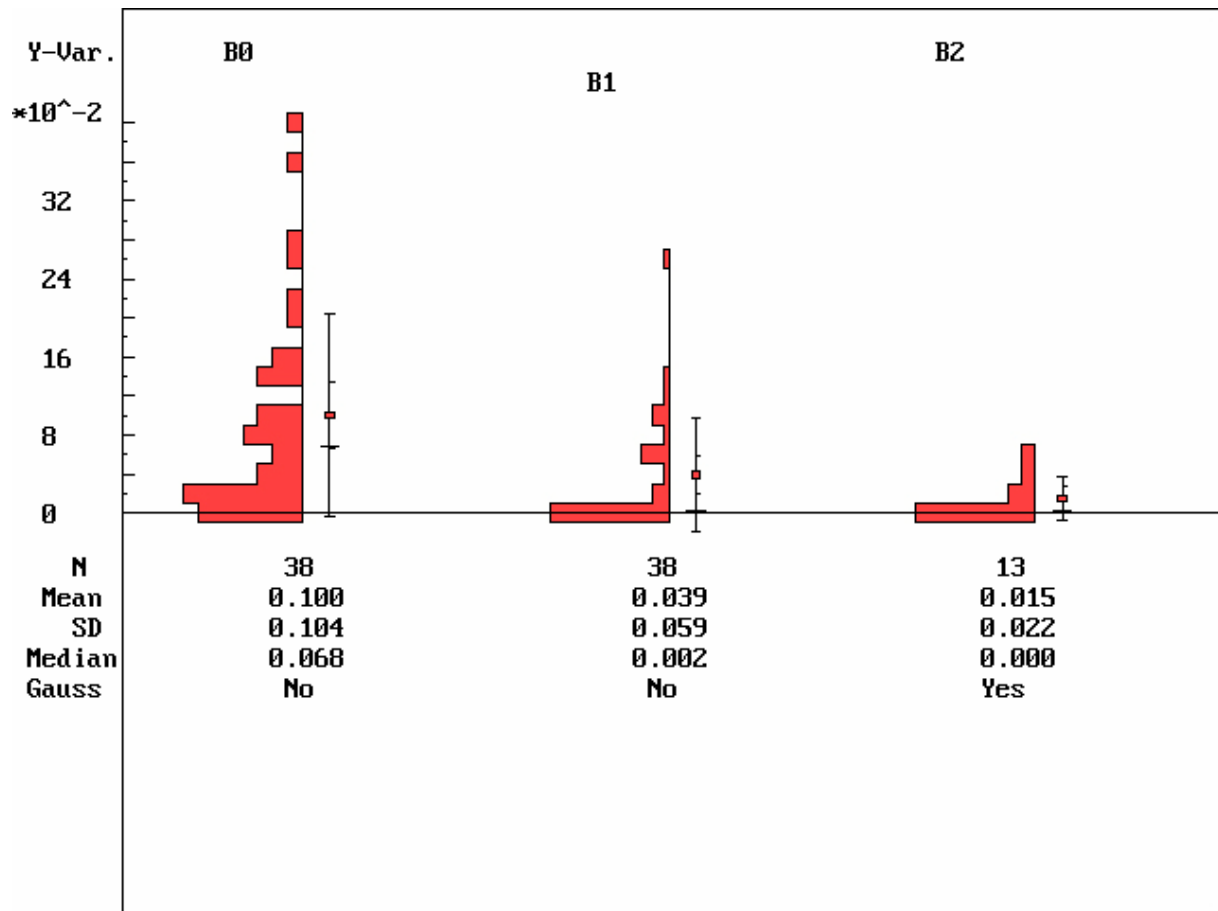


A0 Baseline; A1 6 Monate Nachuntersuchung; A2 12 Monate Nachuntersuchung

Abb.35 Grafische Darstellung der Messdaten der Randanalyse des „Perfekten Randes“ im Verlauf von 12 Monaten. Hier wurden die prozentualen Anteile des perfekten Randes von der gemessenen Gesamtstrecke dargestellt. Die Gruppen zeigen im Verlauf einen signifikanten Unterschied, ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Friedmann Test.

Im Verlauf der ersten 6 Monate ist eine deutliche Abnahme der prozentualen Anteile des „Perfekten Randes“ von 56,7% auf 37,5% festzustellen.

4.3.2 Überschuß



B0 Baseline; B1 6 Monate Nachuntersuchung; B2 12 Monate Nachuntersuchung

Abb.36 Grafische Darstellung der Werte des Überschusses im Verlauf von 12 Monaten. Hier wurden die prozentualen Anteile des Füllungsrandes mit Überschuss von der gemessenen Gesamtstrecke dargestellt. Die Gruppen zeigen im Verlauf einen signifikanten Unterschied, ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Friedmann Test.

Der Überschuss nahm von 10% auf 3,9 % nach 6 Monaten signifikant ab ($p < 0,05$), nach Analyse mit dem Friedmann-Test.

Der Wert von 1,5% nach 12 Monaten hat sich dabei wenig verändert.

4.3.3 Unterschuß

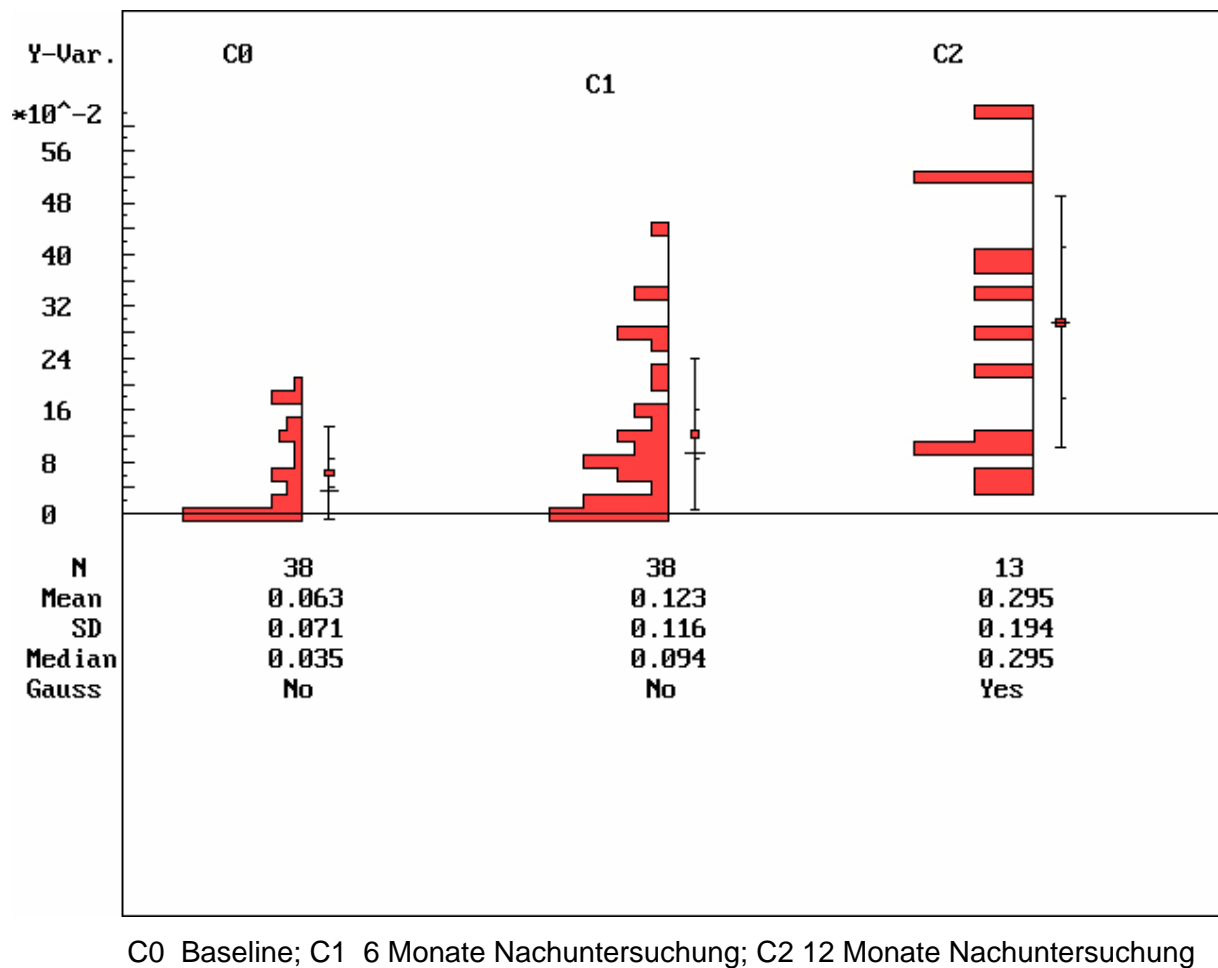
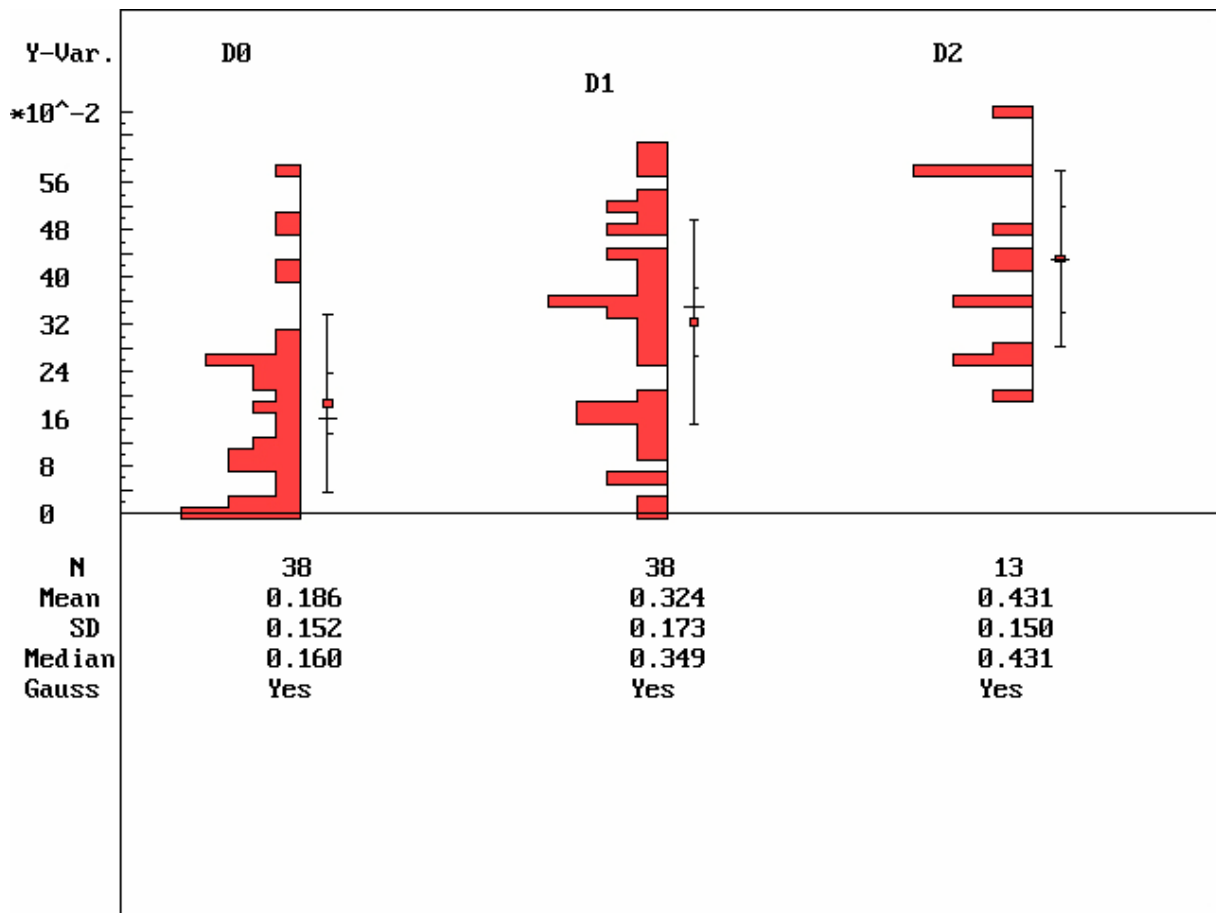


Abb.37 Grafische Darstellung der Werte des Unterschusses im Verlauf von 12 Monaten. Hier wurden die prozentualen Anteile des Füllungsrandes an dem ein Unterschuss zu erkennen war, von der gemessenen Gesamtstrecke dargestellt. Die Gruppen zeigen im Verlauf einen signifikanten Unterschied, ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Friedmann Test.

Die Werte der Parameter „Unterschuß“ stiegen signifikant ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Friedmann-Test verglichen zum Ausgangsbefund um 6%, an und erreichten nach 12 Monaten einen Wert von 29,5%.

4.3.4 Randspalt

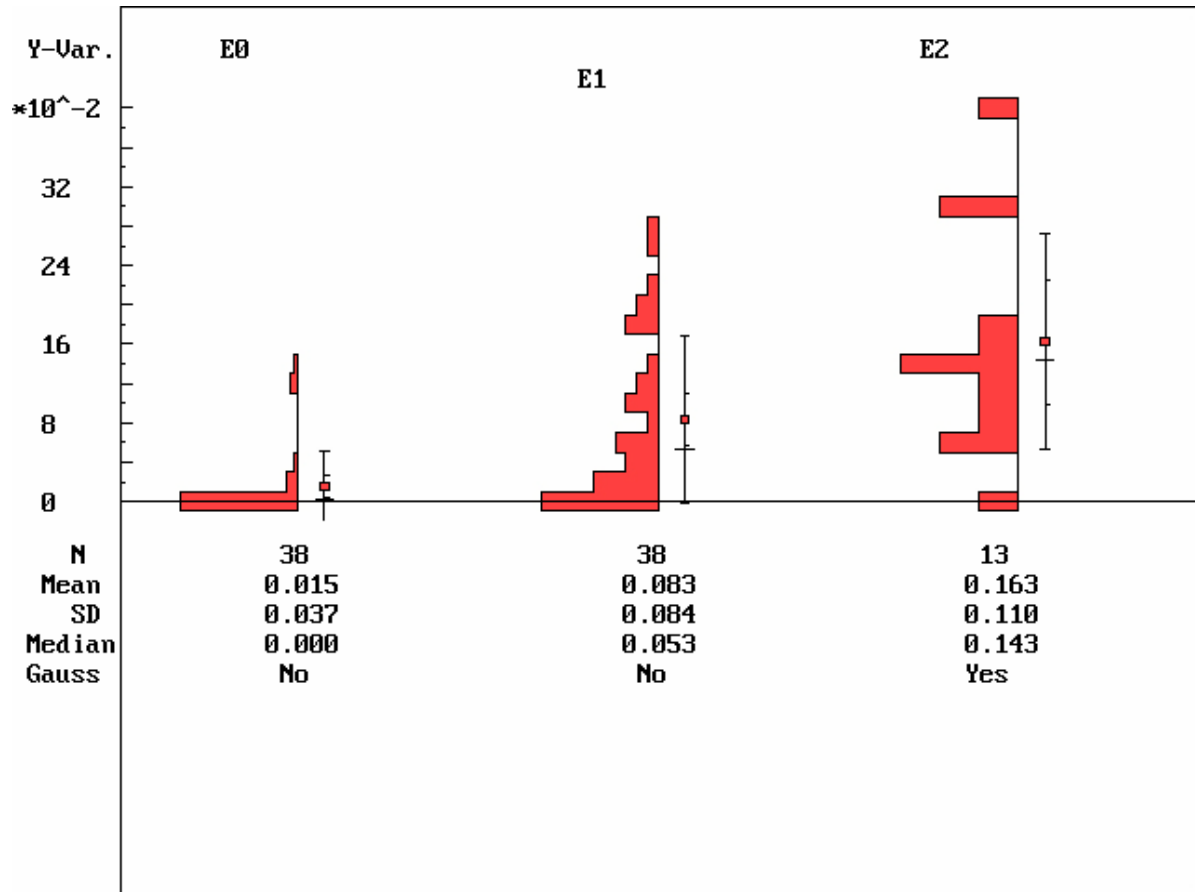


D0 Baseline; D1 6 Monate Nachuntersuchung; D2 12 Monate Nachuntersuchung

Abb.38 Grafische Darstellung der Wert „Randspalt“ im Verlauf von 12 Monaten. Hier wurden die prozentualen Anteile des Füllungsrandes mit einem Randspalt von der gemessenen Gesamtstrecke dargestellt. Die Gruppen zeigen im Verlauf einen signifikanten Unterschied, ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Friedmann Test.

Der prozentuale Anteil des Parameters „Randspalt“ erhöhte sich von anfangs 18,6% auf 32,4% nach 6 Monaten bis auf 43,1% nach 12 Monaten signifikant ($p < 0,05$), nach Analyse mit dem Friedmann-Test.

4.3.5 Artefakt

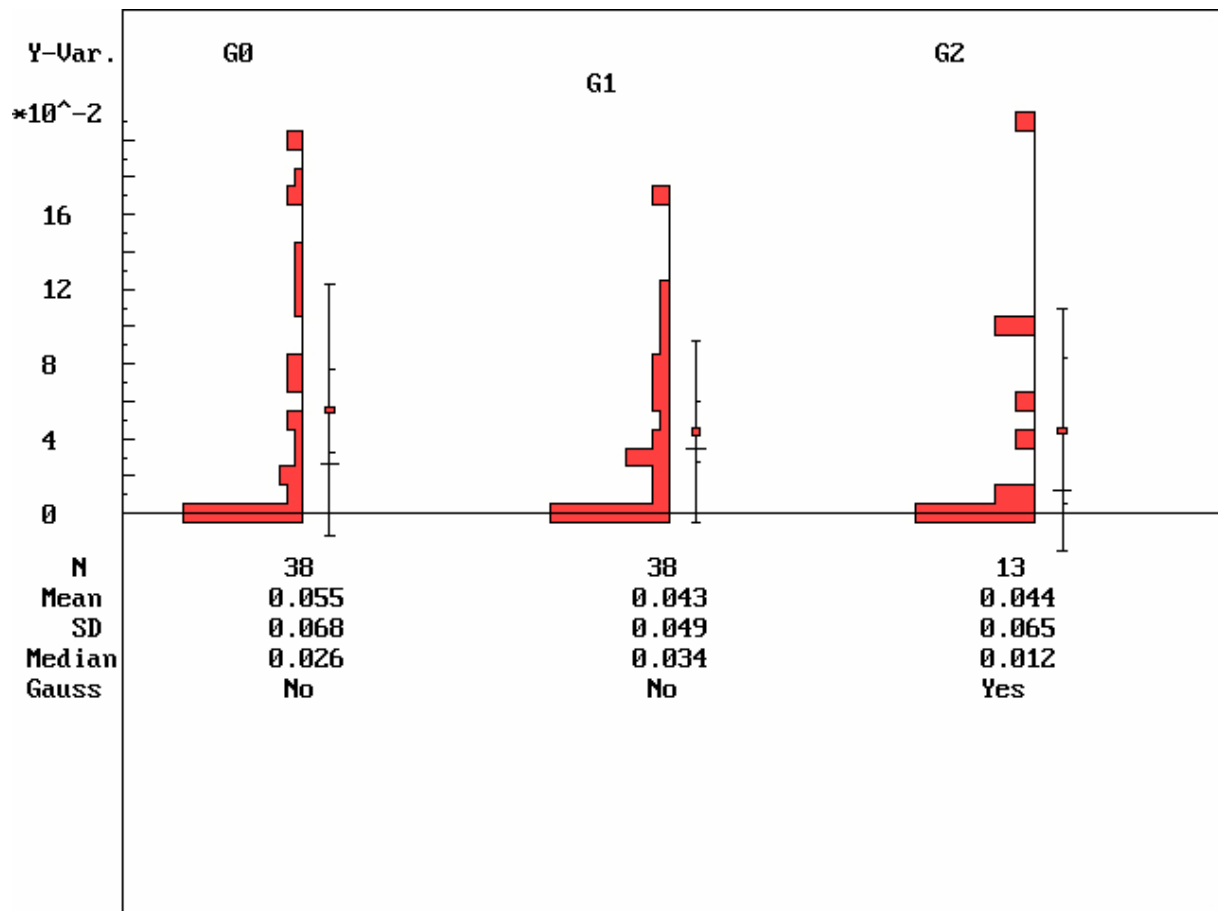


E0 Baseline; E1 6 Monate Nachuntersuchung; E2 12 Monate Nachuntersuchung

Abb.39 Grafische Darstellung der Werte „Artefakt“ im Verlauf von 12 Monaten. Hier wurden die prozentualen Anteile des Füllungsrandes an denen ein Artefakt vorlag von der gemessenen Gesamtstrecke dargestellt. Die Gruppen zeigen im Verlauf einen signifikanten Unterschied, ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Friedmann Test.

Die Werte des Parameters „Artefakt“ veränderten sich von anfänglich 1,5% nach 6 Monaten auf 8,3% und erhöhten sich nach 12 Monaten auf 16,3% signifikant, nach Analyse mit dem Friedmann-Test.

4.3.6 Fraktur



G0 Baseline; G1 6 Monate Nachuntersuchung; G2 12 Monate Nachuntersuchung

Abb.40 Grafische Darstellung der Werte „Fraktur“ im Verlauf von 12 Monaten. Hier wurden die prozentualen Anteile des Füllungsrandes mit einer Fraktur von der gemessenen Gesamtstrecke dargestellt. Die Gruppen zeigen im Verlauf keinen signifikanten Unterschied, ($p < 0,05$) nach Analyse mit dem Friedman Test.

Die Auswertung der Messung „Fraktur“ ergab keine wesentliche Veränderung der Werte im Verlauf von 12 Monaten.

5 Diskussion

5.1 Material und Methode

5.1.1 Versuchsaufbau

Das untersuchte Füllungsmaterial wurde schon in vielen In-vitro-Studien auf seine Alltagstauglichkeit getestet und hat im Vergleich zu allen materialspezifischen Parametern der herkömmlichen Hybridkomposite keine Nachteile vorzuweisen. In einer Studie von *Rzanny et al.* [128] konnte das ionenfreisetzende Komposit in Materialeigenschaften wie der Biegefestigkeit, Druckfestigkeit, Vickershärte, Wasseraufnahme, exogene Verfärbungsneigung, Polymerisationsschrumpfung, Durchhärtetiefe und dem Elastizitätsmodul mit drei Hybridkompositen und einem Ormocer untersucht werden [128]. Dabei ist der neue Werkstoff mit den Füllwerkstoffen dieser Studie in allen Parametern vergleichbar außer der Wasseraufnahme, welche jedoch erheblich von den Werten der Vergleichsgruppen abweicht. Weitere In-vitro-Studien über die physikalischen Materialeigenschaften konnten die guten Ergebnisse, verglichen mit Füllungsmaterialien welche sich vielfach bewährt haben, bestätigen [81]. Auch bei unabhängigen In-vitro-Untersuchungen über die Polymerisationschrumpfung und das Abrasionsverhalten konnte das ionenfreisetzende Komposit weder positiv noch negativ herausragen [37;99].

Ziel dieser Studie war es, den Werkstoff hinsichtlich seiner klinischen Wertigkeit zu untersuchen. Über einen Zeitraum von 18 Monaten wurde dabei unter der Bewertung verschiedener Parameter versucht, die Alltagstauglichkeit dieses neuen Amalgamersatzwerkstoffes in der restaurativen Zahnheilkunde zu bestätigen.

Um bei einer In-vivo-Studie die subjektiven Bewertungsvariablen der verschiedenen Behandler zu kalibrieren, ist es notwendig, eine möglichst große Fallzahl zu erreichen. In dieser Langzeitstudie war vorgesehen, eine Fallzahl von mindestens 130 Restaurationen zu untersuchen.

Nach 93 gelegten Füllungen an 19 Patienten beschloss die Ethikkommission, dass aufgrund postoperativer Mängel wie Desensibilisierung und Schmelzrandfrakturen keine weiteren Füllungen mehr gelegt werden durften.

Nach Ablauf der vorgesehenen 18 Monate stand eine Fallzahl von 47 Restaurationen für diese Studie zu Verfügung. Dies entspricht einer Dropoutrate von 50,5% nach 18 Monaten.

Es liegen verschiedene Gründe für diese große Verlustquote vor:

1. Die Compliance der Patienten an den Nachuntersuchungen teilzunehmen war gering. Es mangelte vielfach an der nötigen Motivation der Patienten, aber auch Wohnungswechsel und die dadurch zu große Entfernung zur Klinik waren Kriterien für das Ausbleiben.
2. Schon mit dem Ausfall von nur einem Patienten ging eine große Fallzahldezimierung einher, da durchschnittlich bei jedem Patienten 4,9 Füllungen gelegt wurden.

So zeigten Studien von *Krämer* und *Baranska-Gachowska* [4;78] eine ähnlich große Dropoutrate von bis zu 68% nach 4 Jahren, was die Schwierigkeiten von In-vivo-Studien erneut bestätigt.

Weitere Probleme stellen die lange Zeitspanne zur Gewinnung von Daten, die Problematik der Standardisierbarkeit der Testbedingungen und die daraus schwierige Vergleichbarkeit mit anderen Studien dar.

Die Datenerfassung der klinischen Befunde erfolgt meist nur mit bloßem Auge und den zahnärztlichen Instrumenten. Sie unterliegt somit den subjektiven Bewertungen der einzelnen Behandler [3;112].

In einigen Studien konnte gezeigt werden, daß die Beurteilung von Füllungen sehr stark vom subjektiven Qualitätsbewußtsein des Behandlers abhängig ist. *Merrett & Elderton* [104] ließen 228 Zähne von neun Zahnärzten auf Karies untersuchen, wobei sich herausstellte, daß ein Zahnarzt nur 11, ein anderer 54 als kariös diagnostizierte. Zudem korrelierten nur 37% der klinischen Befunde mit den histologischen Befunden.

Aus diesem Grunde wurde in dieser Studie eine Kalibrierung der drei Behandler im Vorfeld durchgeführt und regelmäßig wiederholt [29;127].

Einige Autoren sind der Meinung, daß eine klinische Beurteilung mittels der Ryge-Kriterien alleine nicht ausreichend ist, um Füllungen zu bewerten [42;94;142]. Als Grund geben die Autoren an, daß speziell bei zahnfarbenen Füllungen die vorhandenen Spalten und Stufen leicht übersehen werden, und erst bei schon sehr großen Randdefekten diese visuell und taktil erfaßt werden. Somit werden Füllungen, die rein klinisch untersucht werden, meist besser bewertet, als Füllungen, welche noch zusätzlich anhand von Replika untersucht worden sind.

In einer Studie von *Reich et al.* [121] zeigte eine Untersuchung von GIZ-Füllungen deutliche Unterschiede zwischen den Ergebnissen der REM-Werte und der klinischen Bewertung. Dies ist durch die methodischen Unterschiede der verschiedenen Untersuchungsmethoden erklärbar [122].

Daher wurden in der vorgelegten Studie die klinischen Befunde der Randbewertung und der Oberflächenbeschaffenheit mittels einer rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung verglichen. Die Beurteilung des okklusalen Substanzverlustes konnte mit Hilfe des 3D Scanners und des Auto-Matching ermittelt werden [103].

In-vitro-Studien dienen als wichtiges Testverfahren einer schnellen Vorevaluation [84]. Fallen schon diese Ergebnisse negativ aus, so kann auf eine klinische Untersuchung meist verzichtet werden. Sind aber die Ergebnisse zufriedenstellend, so muß eine In-vivo-Studie dies auch bestätigen [15;64].

Die Testverfahren der In-vitro-Untersuchungen versuchen sich den natürlichen Gegebenheiten anzupassen, und alle klinisch relevanten Einflüsse, wie zum Beispiel zyklisch thermische Wechselbelastung und Kauzyklen zu berücksichtigen.

Trotz alledem sind die patientenspezifischen Faktoren wie Kaukraft, Parafunktionen, Putzgewohnheiten und die Mundflora nicht exakt nachzuahmen, und kein In-vitro-Testverfahren kann die In-vivo-Situation perfekt nachahmen [35].

Eine besonders große Diskrepanz zwischen den In-vivo und In-vitro-Studien liegt in der Art der Applikation der Füllung. Die Qualität einer modernen Kompositfüllung, aber auch einer Glasionomerfüllung, wird sehr stark durch die Verarbeitungstechnik beeinflusst [58,108]. Bei den modernen Bondingsystemen, aber auch bei den GIZ ist es von großer Bedeutung, alle Verarbeitungsschritte exakt einzuhalten. Die Verarbeitung eines Füllungsmaterials In vitro erweist sich um vieles einfacher als In vivo, da der Behandler nicht mit den patientenspezifischen Einflüssen, wie

Feuchtigkeit, eingeschränkte Mundöffnung, der daraus resultierenden schlechteren Beleuchtung und Sicht, einer Unruhe des Patienten, die den Behandler in seiner Behandlungszeit unter Druck setzen kann, konfrontiert ist. Auch wenn die besten In-vitro-Ergebnisse von verarbeitungstechnisch höchst schwierigen Füllungen eine optimale Versorgung versprechen, erweisen sich meist die Füllungsmaterialien mit einem einfachen Handling als im Ergebnis reproduzierbar und somit praxisgerecht und patientenfreundlich.

5.1.2 Kavitätendesign

Die Diskussion über das Kavitätendesign bei Klasse II-Füllungen muss kontrovers geführt werden. Die Qualität des Randbereiches einer Füllung bestimmt ihre Haltbarkeit. Somit ist man bestrebt bei Adhäsiv-Füllungen einen möglichst dichten Verbund zwischen Zahn und Werkstoff herzustellen. Zahlreiche Autoren empfehlen für eine Kompositfüllung die Präparation einer klassischen Klasse II-Kavität, wie für Amalgam mit zusätzlicher Anshragung der Präparationsränder [33]. Sie führten die guten Ergebnisse ihrer Studien auf diese Präparationsart zurück, da eine Anshragung die Schmelzfläche, die zur Verklebung zur Verfügung steht, vergrößert und damit zu einer besseren Retention führt.

Andere Autoren befürworten eher die klassische Klasse II-Kavität ohne Anshragung. Als größter Nachteil wird die Frakturgefahr der dünn auslaufenden Ränder angeführt [13].

Um die Nachteile der Präparationsart zu vermeiden, wird vorgeschlagen nur im Approximalbereich anzushragen [8].

All diese Präparationstechniken verlangen ein großes Geschick des Operateurs und sind zudem sehr zeitaufwendig.

In der vorliegenden Studie wurden die Zähne nach der klassischen Klasse II-Kavität mit Unterschnitt, wie es auch der Hersteller vorschlägt, präpariert. Diese Präparationsart gewährleistet aufgrund seiner geringen Einsatzvariabilität der Schleifkörper eine gute Voraussetzung für eine nahezu identische Randgestaltung unter den Füllungen. Dies hat neben der geringen Fehleranfälligkeit auch eine enorme Zeiteinsparung zur Folge.

Die fehlende Adhäsivtechnik des neuen Füllungsmaterials macht eine mechanisch retentive Präparationsart mit einer ausgedehnten Retentionsform wie Unterschnitte und Schwalbenschwänze notwendig. Damit entspricht das untersuchte Füllungsmaterial nicht den heutigen Wünschen nach einer minimalinvasiven Technik [70], die nur mit der adhäsiven Füllungsmethode der Komposite und der Kompomere möglich ist. Der Einsatzbereich des untersuchten Komposit sollte auf den Ersatz von alten Amalgamfüllungen beschränkt werden und für kleine Erstdefekte aus präparationstechnischer Sicht nicht indiziert sein, um keine gesunde Zahnschubstanz opfern zu müssen.

5.1.3 Applikationsweise

Die absolute Trockenlegung mit Kofferdam gilt heute als gehobenerer Standard in der Füllungstherapie mit Kompositen.

In der vorliegenden Studie konnte auf eine absolute Trockenlegung mit Kofferdam verzichtet werden, da der Werkstoff nicht adhäsiv befestigt wird.

Der mitgelieferte Liner dient lediglich dem Versiegeln der Dentinwunde. Bei einer möglichen Randspaltbildung soll der Liner die Pulpa vor den Folgen einer Bakterienpenetration mit seinen Auswirkungen schützen [115].

Bei der Auswahl der Matrize wurde eine Toffelmire-Stahlmatrize einer transparenten Matrize vorgezogen, da die Handhabung und die Approximalgestaltung leichter sind. In einer Studie von *Günther und Haller* [56] konnten keine Vorteile bei der Anwendung von transparenten Matrizen gegenüber den Stahlmatrizen festgestellt werden.

Das Komposit soll nach Herstellerangaben die Möglichkeit des Verzichts auf die Schichttechnik geben, da es durch die helle Farbe eine Lichtpolymerisation bis zu 5mm ermöglicht [39]. Für eine ausreichende Polymerisation wurde die Füllung trotzdem in den Approximalbereichen schichtweise für jeweils 40 Sekunden belichtet. Somit bietet das ionenfreisetzende Komposit im Vergleich zu den herkömmlichen Kompositen, welche einen großen Aufwand in der Verarbeitung und den penibel einzuhaltenden Arbeitsschritten mit der Bedingung der absoluten Trockenlegung und der Mehr-Schicht-Bondings, der Präparationsform und der daraus resultierenden Fehleranfälligkeit seinem Operateur eine bei weitem einfachere Anwendung.

Der Vorteil einer einfachen Handhabung mit wenigen Arbeitsschritten liegt darin, eine Fehlereinschleichung zu vermeiden. Zudem dient ein einfaches „Handling“ der Zeiteinsparung, was das entwickelte Füllungsmaterial zu einer Amalgamalternative im Sinne einer wirtschaftlichen kassenzahnärztlichen Leistung macht. Verglichen mit Komposit, läßt sich eine Amalgamfüllung mit einem Zeitfaktor von 2 bis 2,5-fach geringerem Zeitaufwand legen, und ist somit für den Zahnarzt in freier Praxis noch wirtschaftlich zu verarbeiten [81;55].

Als weitere Alternativen stehen zum einen die Glasionomerezemente zum anderen die polyacrylmodifizierten Komposite, auch Kompomere genannt, zur Verfügung.

Weitere Vorteile dieser Werkstoffe sind auch die (im Vergleich zu den Kompositen) vereinfachte Handhabung [12] und die karieshemmende Wirkung durch Abgabe von Fluoridionen [41;60;101].

Aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften, insbesondere der ungenügenden Abrasionswerte [5] können Kompomere und Glasionomerezemente aber nur als semipermanente Versorgung für Klasse II-Kavitäten betrachtet werden [78].

5.2 Zu den Ergebnissen

5.2.1 Statistische Auswertung der Dokumentationsbögen

In der vorliegenden Studie wurde über einen Zeitraum von 18 Monaten untersucht, inwiefern sich das ionenfreisetzende Füllungsmaterial In vivo bewährt.

Bei der Nachuntersuchung fiel besonders die hohe Verlustrate der Füllungen auf. Nach 6 Monaten waren bereits vier Füllungen zu ersetzen, was einen prozentualen Anteil von 8,5% ausmacht. 12 Monate später waren schon 27,7%, und nach 18 Monaten 36,8% der Füllungen zu erneuern. Geht man davon aus, daß mit diesem Werkstoff ein Alternativmaterial entwickelt wurde, das in seiner Überlebensrate dem Amalgam bzw. Komposit gleichkommen soll, so kann Amalgam mit einer jährlichen Misserfolgsrate zwischen 0% bis 7%, und Komposit mit 0% bis max. 9% bei weitem bessere Werte aufweisen [62;63].

Der Hauptgrund der großen Verlustquote lag zum einen an der hohen Anzahl von Zahn/Höckerfrakturen zum anderen an dem Bewertungskriterium „Beschwerden“. Die Beschwerden der Patienten äußerten sich in Überempfindlichkeit, die

ausschließlich als irreversible Pulpitis diagnostiziert wurde. Als Folge dieser Beschwerden mussten die betroffenen Zähne wurzelbehandelt werden.

Nach 6 Monaten mußten bereits zwei Zähne und nach 12 Monaten fünf Zähne endodontisch behandelt werden.

Bei dem Einsatz des neuen Komposits konnte auf einen dichten Verschluss mittels der Säure-Ätz-Technik verzichtet werden, um den neuen Werkstoff einfach und schnell verarbeiten zu können. Für die Behandlung der Dentinwunde wurde ein spezieller Liner mitgeliefert, welcher die Dentinkanälchen versiegelt und das Eindringen von pulpareizenden Noxen verhindern sollte [39].

In einer Studie von *Merte et al.* [105] konnte die Funktionalität des Liners anhand von REM-Untersuchungen nachgewiesen werden. Dabei wurden eine gute Benetzbarkeit der Zahnoberfläche und eine klinisch akzeptable Versieglerfunktion durch den Liner beobachtet. Ihre Auswertung konnte die Autorin jedoch nur auf acht Proben stützen und stellte klinisch keine postoperativen Hypersensibilitäten fest. Die Nachuntersuchung erfolgte bereits nach 28 Tagen, was eine Langzeitbeurteilung nicht ausreichend stützt [106].

Auch weitere Studien berichten von guten Ergebnissen in der Kategorie der postoperativen Beschwerden, ohne endodontische Maßnahmen [20]. Hier waren nach 12 Monaten alle 76 nachuntersuchten Füllungen klinisch in gutem Zustand.

Lediglich in einer Studie von *Care et al.* [24] konnte bei 118 nachuntersuchten Füllungen nach 12 Monaten eine irreversible Pulpitis diagnostiziert werden.

Dabei stellt sich die Frage, wie diese unterschiedlichen Ergebnisse der Studien zustande kamen. Ein erster Ansatz liegt in der Applikationsweise bzw. der Indikation einer Unterfüllung. In der Vergleichsstudie von *Care R.* [24] wurde jede Kavität mit einer Unterfüllung aus Glasionomermaterial versorgt, wobei hier die Ergebnisse keine Rückschlüsse auf die Funktionstüchtigkeit des Liners erlauben sollten. Hier gilt zu sagen, daß in dieser Studie nach Herstellerangaben nur in den pulpanahen Bereichen eine Unterfüllung gelegt wurde.

Die REM-Analyse zeigt einen prozentual großen Anteil von Randspalten mit bis zu 60%. Der Hersteller zielte bei der Entwicklung jedoch nicht auf einen dichten Randschluß. Dabei ist es aber dennoch wichtig, die Pulpa vor eindringenden pathogenen Keimen zu schützen, um die Folgen wie Hypersensibilität [26] oder

pulpale Irritationen zu vermeiden [9]. Dazu entwickelte der Hersteller einen speziellen Liner, welcher in die Dentintubuli eindringt und eine Schutzwirkung erzeugen soll [39;106].

Eine Funktionstüchtigkeit des Liners ist in Frage zu stellen, nachdem 12,5% der nachuntersuchten Zähne schon nach 18 Monaten endodontisch versorgt wurden.

Bei dem Kriterium der „Integrität des Zahnes“ waren nach 6 Monaten 10,7% der Zähne mit Schmelzrissen (siehe Abb.41 Anhang) zu beobachten, nach 12 Monaten waren es 34,9% und nach 18 Monaten 32,5%. Dieser Wert ist rückläufig, da sich die Schmelzrisse zu Höckerfrakturen entwickelten, was die nächste Bewertung dabei von 2,1% auf 20% steigen lies. Eine Höckerfraktur bedeutet den Verlust der Füllung und somit waren es nur noch 40% der Zähne, die keinen Schaden aufwiesen.

War man früher noch der Meinung, eine gewisse Quellung aufgrund der Wasseraufnahme würde der Spaltbildung, entstanden durch die Polymerisationschrumpfung, entgegenwirken [73;143], konnte eine Studie von *Hannig et al.* [59] diese These nicht stützen. Demnach haben Füllungsmaterialien mit starker Expansion keine Vorteile im Hinblick auf die Randqualität.

Somit müssen wir uns heute die Frage stellen, ob die Hersteller die starke Expansion der Werkstoffe verringern sollten, um die Nebenwirkungen, wie Schmelzrisse und Höckerfrakturen zu vermeiden.

Die Volumenzunahme eines Werkstoffes ist von seiner Fähigkeit Wasser aufzunehmen abhängig [16;28;67].

Wie schon in der Studie von *Razny et al.* [128], war die Wasseraufnahme des untersuchten Werkstoffes, verglichen mit den anderen Füllungswerkstoffen, am höchsten und lässt somit eine starke Quellung vermuten.

Eine weitere Vermutung für die vielen Höckerfrakturen könnte an einer Vorschädigung der Zähne liegen. Dies konnte bei Zähnen mit Amalgamrestorationen häufig festgestellt werden. Das Füllungsmaterial wird wie auch Amalgam mit einer unter sich gehenden und damit höckerschwächenden Kavitätenpräparation gelegt und nicht adhäsiv mit der Zahnschicht befestigt.

Einerseits kann die Präparationsart zu einer Schwächung der Höcker führen, zum anderen trägt ein adhäsiver Verbund, wie bei den Kompositen beobachtet, zu einer Höckerstabilisierung bei [58].

Um einen ersten Ansatz für die Ursache der Höckerfrakturen zu finden, wurden in dieser Studie die Klasse I-Kavitäten mit den Klasse II-Kavitäten verglichen. Hierbei hat sich aber die Vermutung, daß die kleinen Klasse I-Kavitäten weniger anfällig auf Frakturen oder Schmelzrisse sind, nicht bestätigt. Prozentual lagen die Frakturen nach 18 Monaten der Klasse I-Füllungen mit 33,3% nicht signifikant niedriger als die Klasse II-Füllungen mit 36,8%.

Um genauere Aussagen über die Ursache der hohen Anzahl von Schmelzrissen und Höckerfrakturen machen zu können, wird noch eine In-vitro-Studie über das hygroskopische Expansionsverhalten durchgeführt.

Bei der Beurteilung der „Oberflächenbeschaffenheit“ konnte festgestellt werden, daß sich die Füllungen allesamt gut polieren ließen und somit die Bewertung „alpha“ erhielten. Bereits nach 6 Monaten konnte schon ein starker Unterschied zum Ausgangsbefund festgestellt werden, der sich nach 18 Monaten bereits zu 24,1% mit der Bewertung „bravo“ zeigte. Die REM-Auswertung zeigt hier lediglich an den Randbereichen eine große Auffälligkeit an Füllungsrandfrakturen mit größeren Defekten nach 12 Monaten.

Bei einer klinischen Nachuntersuchung ist für den Behandler der kritisch zu beurteilende Bereich immer der Füllungsrandbereich. Überprüft er nun dort mit der Sonde, hat er aufgrund der Randfrakturen den Eindruck einer rauen Oberfläche. Es sollten aber auch weitere Untersuchungen stattfinden, inwiefern z.B. die Matrixbeschaffenheit des neuen Komposites in der Oberflächenbeschaffenheit eine Rolle spielt.

Die Hauptursache der häufig auftretenden Randfrakturen ist an der nicht adhäsiven Befestigungsmethode zu suchen, wie es auch bei den Amalgamfüllungen und den Glasionomern [78] zu beobachten ist.

Die Alltagstauglichkeit bestimmt außer den Materialeigenschaften auch das Randverhalten einer Füllung, das eine rasche Bildung von Sekundärkaries beeinflusst. Besonderes Augenmerk ist hierbei auf den Approximalraum zu legen. Das Hauptproblem der Randadaptation liegt nicht im okklusalen Bereich, sondern apikal der Schmelz-Zementgrenze [14;125]. Leider war es in dieser In-vivo-Studie nicht möglich, die kritischen Approximalbereiche mit der Randanalyse unter dem Rasterelektronenmikroskop zu untersuchen, da der Approximalraum mit bisher noch keiner Abformtechnik zu erfassen ist.

Die Bewertung der „Marginalen Adaptation“ konnte somit nicht durch die REM-Analyse fundiert bestätigt werden.

Viele Autoren berichten in ihren In-vivo-Studien bereits nach 6 bzw. 12 Monaten über eine Kariesresistenz [20;82].

Eine Liegedauer von 12 Monaten erlaubt noch keine gültige Aussage über die Sekundärkariesresistenz, da eine exakte Kariesdiagnose nur mit einer histologischen Untersuchung gestellt werden kann [104]. Zudem ist der Zeitraum von 12 Monaten für eine Kariesentstehung zu kurz.

Viele In-vitro-Studien lassen aber hoffen, daß mit dem neuen Füllungskonzept ein Fortschritt in der Kariesprävalenz gefunden ist. Schon in mehreren In-vitro-Studien konnte gezeigt werden, daß die Demineralisation am Randbereich der Füllungen schwächer war als bei vergleichbaren Werkstoffen [132;135].

In einer weiteren Studie von *Fontana et al.* [40] war es sogar von Vorteil, wenn die Füllung einen Spalt vorweisen konnte. Laut *Donley & Gomez* [33] war somit die Demineralisation verringert und eine Remineralisation konnte stattfinden.

Die Freisetzung der aktiven Wirkstoffe, die eine pH-Absenkung vermindert, wurde mit dem Gebrauch des Liners nachweislich geschwächt [135].

Während der Studie war es nach 12 Monaten notwendig, eine Füllung wegen Sekundärkaries am approximalen Rand zu ersetzen. Hierbei kann dies eher einem Kariesrezidiv zugeschrieben werden.

Die restlichen Füllungen zeigten selbst nach 18 Monaten einen Randbereich ohne sichtbare Hinweise auf Karies.

Trotz der hohen Anteile an Randspalten und Randfrakturen, die eine Plaqueakkumulation begünstigen, konnte keine erhöhte Kariesanfälligkeit festgestellt werden.

In einer Studie von *Fontana M. et al.* [40] konnte gezeigt werden, daß das ionenfreisetzende Komposit seinen pharmazeutischen Effekt bei Füllungen mit Randspalt besser zur Geltung bringen kann, als bei dicht adaptierten Füllungsrandern.

Eine marginale Randverfärbung ist klinisch beurteilt noch kein hinreichender Beweis für Karies. Nur mit Hilfe histologischer Untersuchungen lässt sich eine sichere Aussage über Karies treffen [105], was bei einer In-vivo-Studie kaum möglich ist.

Das Ryge-Kriterium der „Anatomischen Formgebung“ zeigte einen deutlichen Verfall der Bewertung „alpha“ zu „bravo“, wobei „bravo“ sich mit 31% nach 18 Monaten nur als unterkonturiert bemerkbar macht.

Einerseits spielen die Randfrakturen, die mittels der REM-Bilder dokumentiert sind, eine Rolle und begründen eine positive Stufe. Andererseits kann die Abrasionsmessung eine deutliche Abrasion des untersuchten Füllmaterials zeigen, welche mit den klinischen Befunden korreliert.

Eine exakte Ursachenbegründung ist aber nicht möglich, da aufgrund der vielen Füllungsrandfrakturen die Abrasionsmessung kein Urteil über die Abrasionsbeständigkeit des Materials zulässt, aber dafür die tatsächliche klinische Situation widerspiegelt, wonach sich die Tauglichkeit des Materials in der Praxis zeigt.

Das Bewertungskriterium „Okklusionskontakte“ konnte zeigen, daß anfänglich die Kaulast mit 57% von Zahn und Füllung getragen wurde und nach 12 Monaten mit 42,6%. Nach 18 Monaten mußte die verbleibende Zahnhartsubstanz bereits 23,9% mehr Kaulast tragen.

Hier konnte dokumentiert werden, daß die Kaulast vorwiegend von der restlich verbliebenen Zahnhartsubstanz getragen wurde und sich die Verteilung der Kaukraft auf geschwächte Zahnhöcker beschränkte, was zu Schmelzrisse als auch Höckerfrakturen beigetragen haben könnte.

Bei der Bewertung der „Integrität der Füllung“ wurde dokumentiert, daß im Verlauf von 18 Monaten die leichten Absplitterungen 19,3% und starke Absplitterungen 3,2% an den Füllungsändern die Hauptursache der „Bravo-Bewertung“ war. Dieser Befund korreliert wiederum mit den Randfrakturen der REM-Analyse.

9,7% der Füllungen mußten aufgrund einer Füllungsfraktur nach 18 Monaten erneuert werden. In einer Studie von *Krämer N.* [82] konnten ähnliche Werte ermittelt werden, wobei hier nach 6 Monaten keine der Füllungen ersetzt werden musste.

5.2.2 Rasterelektronenmikroskopische Randanalyse

Das Rasterelektronenmikroskop stellt für eine quantitative und qualitative Beurteilung von Füllungsrandern eine sichere Untersuchungsmethode dar [64;83]. Mit einer 200-fachen Vergrößerung lassen sich die Randbereiche bei optimalen Bedingungen gut darstellen. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist, daß der Elektronenstrahl senkrecht auf das Objekt trifft. In unserem Fall war dies nur bedingt möglich, da ein Molar im okklusalen Bereich meist stark zerklüftet ist und der Einfallswinkel nicht an allen Abschnitten identisch war und somit die Beurteilung des Randspaltes im Ergebnis zu korrigieren ist. Eine mögliche Fehlinterpretation ist daher nicht auszuschließen [111].

Die Ergebnisse unserer Randanalyse zeigen bei den Werten der Randspalten der Ausgangsbefunde daß, wie vom Hersteller angegeben, kein dichter Verschuß zwischen Zahn und Werkstoff zu erwarten ist. Mit einem Anteil von 56,7% perfektem Rand sind die vorgelegten Werte im Vergleich zu anderen Studien mit adhäsivem Verbund im Normbereich, jedoch liegen die Randbereiche mit einer Spaltbildung mit 18,6% weit darüber.

Geht man von der Studie von *Fontana et al.* [40] aus, in der gezeigt werden konnte, daß eine Spaltbildung für die Freisetzung der aktiven Ionen positiv ist, so wäre mit einer Spaltbildung von 32,4% nach 6 Monaten eine wünschenswerte Situation vorhanden.

Entgegen unserer Ergebnisse, wurde in einer Studie von *Glockner et al.* [49], bei der Randanalyse dem „perfekten Rand“ im Schmelz 96% und mit 97% im Dentin zugewiesen und konnte mit entsprechenden Kompositen verglichen werden.

Dietschi et al. [30] berichten in einer Studie über einen Anteil von 91,6% kontinuierlichen Rand, die in schmelzbegrenzten Klasse II-Restorationen, unter Anwendung der konventionellen Ätztechnik, gelegt wurden.

Eine Ursache dieser extrem gegensätzlichen Ergebnisse lässt sich hauptsächlich darin vermuten, daß die Herstellung der Füllungen in vivo, mit seinen individuellen patientenabhängigen Faktoren, nicht einer In vitro-Situation gleichzusetzen ist. Dies zeigt sehr deutlich, wie stark Handlungseigenschaften Einfluß auf die Qualität der Füllung haben [108].

Ein anderer Grund für eine große Diskrepanz mag auch die subjektive Beurteilung des Untersuchers bei der Randanalyse sein.

Bei der zweiten Nachuntersuchung wurden 45,8% Unterschuss und 14,3% Randfrakturen analysiert. Somit waren 60,1% nicht mehr auf das Kriterium „Randspalt“ zu beurteilen. War trotz Unterschuß ein Randspalt zu erkennen, mußte man eine Priorität zugunsten eines Bewertungskriteriums setzen. Ebenso lies die Beurteilung bei Frakturen und Artefakte mit einer Vergrößerung von 200 fach, keine objektiven Ergebnisse erwarten. Dies verdeutlicht die subjektive Beeinflussung der Ergebnisse durch den Untersucher und ließ keine weiteren objektiven Ergebnisse erwarten. Aus diesem Grund ist die Fallzahl nach 12 Monaten deutlich niedriger und eine Nachuntersuchung nach 18 Monaten konnte nicht objektiv durchgeführt werden.

5.2.3 Abrasionsmessung

Bei der Beurteilung der Eignung von Füllungsmaterialien muss neben dem Randverhalten auch das Verschleißverhalten in Betracht gezogen werden.

Moderne Komposite, welche sich für die Versorgung von Seitenzähnen eignen, sollten annähernd gleiche Abrasionswerte wie Zahnschmelz vorweisen [91].

Während in früherer Zeit Komposite wegen ihres unbefriedigenden Verschleißverhaltens im Seitenzahnbereich abgelehnt wurden, hat sich dies deutlich verändert. Moderne Komposite zeigen mit weniger als 150µm in 3 Jahren [149] einen ähnlichen Wert wie Schmelz [86].

Viele Autoren sehen einen uneingeschränkten Einsatz im Seitenzahnbereich dennoch als kritisch [64].

Schon viele Materialien konnten in vitro auf ihre Verschleißfestigkeit getestet werden, aber es wurden meist keine übereinstimmenden Ergebnisse mit klinischen Untersuchungen festgestellt [92;125].

Dies erklärt sich aus der Tatsache, daß der Verschleiß einer sehr komplexen und vielfältigen Gegebenheit unterliegt [19].

Einer der Einflußfaktoren ist mitunter eine „chemische Abnutzung“ im oralen Milieu. Das Bis-GMA ist empfänglich für ein chemisches Erweichen der Oberfläche, was zu einer erhöhten Verschleißrate führt [102].

Ein anderer Faktor ist die Größe des okklusalen Kontaktareales [84].

Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung zeigen einen mittleren Abrasionsverlust von 37,1µm nach 6 Monaten, 60,8µm nach 12 Monaten und 88,1µm nach 18 Monaten. *Roulet*

[125] beschreibt einen optimalen Verschleiß mit 150µm in 3 Jahren. Geht man von einem linearen Anstieg aus, so ergibt sich für das in dieser Studie untersuchte Komposit nach 3 Jahren ein Wert von ca. 161µm und läge damit genau in den Erwartungen, wie von Roulet gefordert. Hiermit würden auch die In-vitro-Untersuchungen von *Kunzelmann* korrelieren [89], bei denen das ionenfreisetzende Komposit in seinen materialspezifischen Abrasionseigenschaften denen eines Feinpartikelkomposites gleich kommt und den Kompomeren deutlich überlegen ist. In der Dissertation von *Gust, C.* [53] wurden in einer In-vivo-Studie Klasse II-Kavitäten mit einem Komposit (Tetric) und einem Kompomer (Dyract AP) versorgt und anschließend eine Abrasionsmessung nach 6 Monaten durchgeführt. Hier lag der mittlere Abrieb bei 8µm für Tetric bzw. 8,3µm für Dyract [53].

Eine weitere Studie von *Neuerer P.* [111] konnte bei Kompositinlays nach einer Tragedauer von 2 Jahren 30µm mittleren Abrieb messen. Diese Werte korrelieren mit der von *Gust* [53] und zeigen, dass das in dieser Studie untersuchte Material im Vergleich dazu einen hohen Abrieb aufweist.

Der Vergleich mit diesen Studien ist in sich schlüssig, da alle mit derselben Methode und demselben Material an derselben Hochschule durchgeführt wurden. Ein Vergleich mit Werten anderer Auswertungstechniken (Methodik), wie der stark subjektiv unterlegenen Leinfelder Methode sind nicht zulässig [89].

Eine Datenpräsentation, wie sie von *Roulet* [125] vorgestellt wurde, läßt zwar einen Vergleich mit unseren Werten zu, stellt aber die Ergebnisse von *Neuerer* [111] und *Gust* [53] in Frage. *Roulet* unterteilt die okklusalen Bereiche in OCA (occlusal contact areal), CFOA (contact free occlusal areas) und einer Durchschnittsrate (general wear rate). In dem vorgelegten Fall können die OCA-Werte mit dem maximalen Höhenverlust, bzw. mit den 1%-Quantilen gleichgesetzt werden.

Bezüglich des maximalen Höhenverlust mit 447,9µm nach 6 Monaten liegen die Werte im Vergleich zu den OCA-Werten von *Roulet* mit bis zu 89µm weit darüber. Die 1% Quantile repräsentiert die Kontaktareale auf der Füllung und beträgt für das untersuchte Komposit 281µm. Im direkten Vergleich hierzu läßt sich der Wert von 220µm für Kompositinlays aus der Studie von *Neuerer* stellen. *Roulet* [125] beschrieb Werte zwischen 32µm und 110µm im OCA-Bereich.

Ein Grund für die hohen Abrasionswerte in der Quantile und im maximalen Höhenverlust ist mit diesem Studiendesign nicht erfassbar. Die REM-Auswertung gibt darüber mehr Aufschluß. Aufgrund der nicht adhäsiven Verbindung zwischen

Zahn und Werkstoff kommt es, wie schon beschrieben, zu sehr häufigen Randfrakturen mit großen Inkrementaussprengungen. All diese Bereiche werden bei der Sensorabtastung erfaßt und in die Rechnung miteinbezogen.

6 Zusammenfassung

Die wachsende Sensibilität der Patienten gegenüber Amalgamfüllungen wegen toxikologischer und ökologischer Nebenwirkungen, hat das seit Jahrzehnten bewährte Füllungsmaterial an den Rand seiner Einsatzmöglichkeit gebracht.

Auch der Wunsch nach mehr Ästhetik hat die Industrie dazu veranlaßt, neue zahnfarbene Füllungsmaterialien zu entwickeln.

Im letzten Jahrzehnt konnte sich speziell die Gruppe der Komposite von Materialien wie Glasionomercementen und Kompomeren hervorheben.

Das Hauptproblem bei den Kompositen ist aber nach wie vor die Polymerisationsschrumpfung mit den daraus resultierenden Randspalten mit „microleakage“ und ihren Komplikationen. Um eine randdichte Kompositfüllung zu legen, bedarf es einer technik- und zeitintensiven Behandlungsweise, die mit einem großen Kostenfaktor verbunden ist.

Mit dem ionenfreisetzenden Komposit kam ein neues Füllungsmaterial auf den Markt, das ohne zeitaufwendige Bondingsysteme verarbeitet werden konnte. Bei entstehenden Randundichtigkeiten sind die in der Matrix eingebundenen Glasfüller in der Lage, die entstehenden Säuren zu puffern und dadurch Sekundärkaries zu verhindern.

Gegenstand dieser vorliegenden Studie war, das Material, nach den guten Ergebnissen vieler In-vitro-Studien, hinsichtlich seiner klinischen und praxisgerechten Tauglichkeit zu untersuchen. Dabei wurden an 19 Patienten 93 Füllungen der Klasse I und II im kaulasttragenden Seitenzahnbereich gelegt. Nach einer Liegedauer von 6, 12, und 18 Monaten wurde die Qualität der Füllungen nach den USPHS-Kriterien untersucht und dokumentiert. Mit Hilfe einer rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung konnte zusätzlich die Randqualität beurteilt werden.

Über eine dreidimensionale Abrasionsmessung konnte das Verschleißverhalten dokumentiert werden.

Die Auswertungen der klinischen Untersuchung mit den USPHS-Kriterien konnte zeigen, dass nach 18 Monaten ein Füllungsverlust von 36,8% vorzuweisen war. In allen anderen Kriterien zeigte das Material im Verlauf der 18 Monate erhebliche Qualitätseinbußen.

Die Randanalyse unter dem Rasterelektronenmikroskop konnte die Qualitätsentwicklung der Kriterien wie „Oberfläche“, „Anatomische Form“, „Integrität der Füllung“ und „Integrität des Zahnes“ untermauern. Besonders auffällig waren die anfänglich auftretenden Haarrisse an Zahnhöckern, die sich im Verlauf der Studie zu Zahn- und Höckerfrakturen entwickelten. Dies erforderte anschließend eine kostenintensive Behandlung.

Die Abrasionswerte zeigten im Vergleich zu anderen Studien einen durchschnittlichen mittleren Verschleiß und waren bezüglich des maximalen Höhenverlustes von 505µm nach 12 Monaten auffällig. Dies ist damit zu begründen, dass Füllungsmaterial nicht adhäsiv mit dem Zahn verbunden ist und somit viele Füllungsrandfrakturen auftraten.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß das ionenfreisetzende Komposit den vielversprechenden In-vitro-Ergebnissen in der Praxis nicht gerecht werden konnte. Mit einer jährlichen Verlustrate von über 20% kann der Werkstoff nicht als Langzeitfüllung eingesetzt werden. Die beobachteten Zahnfrakturen und Desensibilitäten sowohl an Klasse I-, als auch Klasse II-Füllungen sind die Hauptmängel. So muß auch die Indikationseinschränkung nur für Klasse I-Kavitäten bedacht sein. Auch für eine semipermanente Füllung ist die Indikation in Frage gestellt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, daß Amalgamalternativen heute bereits existieren. Im Vergleich zu Amalgam jedoch weisen alle Alternativen ein limitiertes Indikationsspektrum auf. Ein Amalgamersatz, der sich ebenso einfach wie günstig mit gleicher Qualität und Langzeitprognose einsetzen lässt wie Amalgam, ist noch nicht entwickelt.

Mit dem neuen Füllungskonzept der „smart restorative materials“ wurde ein aussichtsreicher Weg eingeschlagen, der sich jedoch noch in der Entwicklungsphase befindet. Das klinische Potential dieser neuen Technologie muß noch in umfangreichen Untersuchungen getestet werden.

7 Abkürzungsverzeichnis

LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
GIZ	Glasionomierzement
REM	Rasterelektronenmikroskop

8 Literaturverzeichnis

- 1 Anusavice K.J.: Challenges to the development of esthetic alternatives to dental amalgam in an academic research center. Academy of Dental Research (1996)
- 2 Arends J., Ruben J., Dijkman A.G.: Effect of fluorid release from a fluorid containing composit resin on secondary caries: An in vitro study. Quint Int 21, 671-674, (1990)
- 3 Bader J.D., Shugars D.A.: Variation, treatment outcomes and practice guidelines in dental practice. J Dent Educ 95, 61 (1995)
- 4 Baranska-Gachowska Maria, Borkowski L, Ziaja M.: Clinical evaluation of Ariston pHc . Restorations: 1-year results. Am J of Dent.12 (Special Issue), 19-20, (1999)
- 5 Bauer C.M. u.a.: Silikophosphatzemente. Dtsch Zahnärztl Z 51, (1996)
- 6 Bauer C.M., Kunzelmann K.H., Hickel R.: Simulierter Nahrungsabrieb von Kompositen und Ormoceren. Dtsch Zahnärztl Z 50, 635-638, (1995)
- 7 Bausch J.R., De Lange C., Davidson C.L., Peters A., De Gee A.J.: The restorative materials. J Prosthet Dent, 48, 59, (1982)
- 8 Ben-Amar B., Metzger Z., Gontar G.: Cavity design for class II composite restorations. J Prosthet Dent 58, 5, (1987)
- 9 Bergenholtz G., Cox C.F., Loesche W.J. et al.: Bacterial leakage around dental restorations: Its effekt on the dental pulp. J Oral Pathol 11, 439-450, (1982)
- 10 Berry E.E.: The structure and composition of some calcium-deficient apatites. J inorg. Nucl. Chem 29, 317-327, (1967)
- 11 Black G.V.: Konservierende Zahnheilkunde, Bd. II: Die Technik der Zahnfüllung. Meuser, Berlin (1914)
- 12 Blunck U.: Dentin-Haftmittel und Kompomere. Quintessenz 47, 19, (1996)
- 13 Boksmann I., Jordan R.E., Suzuki M., Charles D.H.: A visible light cured posterior composite resin results of a 3-year clinical evaluation. J Am Dent Assoc 112, 627-662, (1986)
- 14 Bott, B., Hannig M.: Optimizing Class II composite resin restorations by the use of ceramic inserts. J Esthet Dent 7, 110, (1995)
- 15 Bott, B., Hannig M.: Ceramic Inserts. Dtsch Zahnärztl Z 49, 917-920, (1994)
- 16 Bowen, R.L., Rapson J.E., Dickson G.: Hardening shrinkage and hydroscopic expansion of composite resin. J Dent Res 61, 654, (1982)

- 17 Bowen R.L.: Properties of a silico-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Ass* 66, 57, (1963)
- 18 Braden M., Clarke R.L.: Water absorption characteristics of dental microfine composite filling materials. *Biomaterials* 5, 369, (1984)
- 19 Braem M., Lambrechts P., Van Doren V. et al.: In vivo evaluation of four posterior composites: Quantitative wear measurements and clinical behavior. *Dent Mater* 2, 106-113, (1986)
- 20 Branska Garchowska M., Borkowski L., Ziaja M.: Clinical evaluation of Ariston phc restorations: 1-Year results. *Am J of Dent* 12, (1999) (Special issue)
- 21 Buchalla W., Attin T., Hellwig E.: Einfluß der Schmelzätztechnik auf die Haftung von Kompomer-Füllungsmaterialien. *Dtsch Zahnärztl Z* 52, 463, (1997)
- 22 Buonocore M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J.Dent.Res.* 34 ,849 (1955)
- 23 Capozzi L., Brunetti P., Negri P.L., Miglorini E.: Enzymatic mechanism of action of some fluorid compounds. *Caries Res* 1, 69-77, (1967)
- 24 Ruta C., Berzina S., Rence-Bambite I., Mackevica I., Sieward D. Heintze, Reich E.: Efficacy of a new caries-inhibitory restorative material and amalgam as control in 12-13 year-old Latvian adolescents with high caries prevalence: 1-year results. *Am J of Dent* 12, 17-18 (1999) (Special issue)
- 25 Chung K.H.: The relationship between composition and properties of posterior resin composites. *J Dent Res* 69, 852-856, (1990)
- 26 Cox C.F.: Mikroleakage related to restorative procedures. *Proc Finn Dent Soc* 88, (1992)
- 27 Creanor S.L., Carruthers L.M.C., Saunders W.P., Strang R., Foye R.H.: Fluoride uptake and release characteristics of glass ionomer cements. *Caries Res* 28, 322, (1994)
- 28 Cross M., Douglas W.H., Fields R.P.: The relationship between filler loading and particle size distribution in composite resin technology. *J Dent Res* 62, 850, (1983)
- 29 Cvar J. F., Ryge G.: Criteria for clinical evaluation of dental restorative materials. US Public Health Service Publication No. 790, 244. US government Printing Office (1971)
- 30 Dietschi D., Scampa U., Campanile G., Holz J.: Marginal adaptation and seal of direct and indirect Class II composite resin restorations: An in vitro evaluation. *Quintessenz* 26, 127, (1995)

- 31 Dijkman G. E. H. M., Arends J.: Secondary caries in situ around fluoride-releasing lightcuring composites. A quantitative model investigation on four materials with a fluorid content between 0 and 26%. *Caries Res*, 26, 351, (1992)
- 32 DIV : SVPRZ (Schweizerische Vereinigung für präventive und restaurative Zahnmedizin): Restaurationsmaterialien - Indikationen. DIV. (1995)
- 33 Donley K.J., Gomez C.: In vitro demineralization-remineralization of enamel caries at restoration margins utilizing fluoride-releasing composite resin. *Quintessenz* 25, 355-358, (1994)
- 34 Eick J.D., Welch F.H.: Dentin adhesives - do they protect the dentin from acid etching. *Quintessenz* 17, 533, (1986)
- 35 Ekfeldt A. and Öilo G.: Wear of prosthodontic materials - an in vivo study. *J Oral Rehabil* 17, 117-129, (1990)
- 36 Erickson R.L.: Surface interactions of dentin adhesive materials. *Oper Dent* 5, 81, (1992)
- 37 Ernst C-P., Berndt M., Willershausen B.: Polymerisationsschrumpfungsmessungen an Komposit-Füllungsmaterialien. Autorenreferate der 31. Jahrestagung Mainz 7. und 8. Januar 1999 der AGF in der DGZMK
- 38 Firmenschrift Admira: Voco Gmbh, Anton-Flettnerstr.1-3, D-27472 Cuxhaven (2000)
- 39 Firmenschrift Ariston: Wiss. Dienst, F&E Vivadent, Schaan, Lichtenstein (1998)
- 40 Fontana M., Gonzales-Cabezas C, Wilson E.M., Appert C.H.: In vitro-evaluation of a smart dental material for its efficacy in preventing secondary caries using a microbial artificial mouth model. *J Dent Res*, 77th general session of IADR, Volume 78, (special issue), (1999)
- 41 Forss H., Seppä L.: Prevention of enamel demineralization adjacent to glass ionomer filling materials. *J Dent Res* 98, 173, (1990)
- 42 Freilich M.A., Golgberg AA.J., Gilpatrick R.O. et al.: Direct and indirect evaluation of posterior comosite resorations at three years. *Dent Mater* 8, 60-64, (1992)
- 43 Friedl K.H., Schmalz G., Hiller K.A., Shames M.: Resin-modified glass ionomer cement fluoride release and influence on *Streptokoccus mutans* growths. *Eur J Oral Sci* 105, 81, (1997)
- 44 Garcia-Godoy F.: A new ionreleasing restorative material. *Am J Dent*, 12, (1999) (Special issue)

- 45 Geis - Gersthofer J., Set J., Lin W., Weber W.: Polymerisation shrinkage and water sorption of light cured composite resin. J Dent Res 70, 740,(1991)
- 46 Geurtsen W.: Kariologie und Füllungstherapie. Praxis der Zahnheilkunde II, Urban und Schwarzenberg, (1992)
- 47 Glockmann E., Gehroldt C., Triemer K.: Freisetzung von Fluorid aus unterschiedlichen Glasionomercementen. Dtsch Zahnärztl Z 52, (1997)
- 48 Glockner K.: Rand von Klasse II Restaurationen. Dtsch Zahnärztl Z 53, (1998)
- 49 Glockner K., Reich E., Ebeleseder K., Hulla H.: Randdichtigkeit und Praxistauglichkeit von Ariston pHc für den Seitenzahnbereich im Vergleich zu bekannten zahnfarbenen Restaurationen. Artikel aus Dentalforum ZMK 1-2/99
- 50 Goldmann M.: Polymerisation shrinkage of resin based restorative materials. Aust Dent J 28, 156, (1983)
- 51 Greiwe K., Schottner G.: Ormocere: Eine neue Werkstoffklasse. FhG-Berichte 2, 64, (1990)
- 52 Günther J., Haller B.: Zur Optimierung der Randschlußqualität von Kompomerfüllungen in Klasse-II-Kavitäten. Autorenreferat bei der XI Tagung der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung, Freiburg (1997)
- 53 Gust C.: Klinische Untersuchung, Randspaltanalyse und 3D-Abrasionmessung von Kompomer- und Komposit-Füllungen in Klasse I und II Kavitäten. Dissertation zum Erwerb eines Doktorgrades an der LMU München (2001)
- 54 Haak R., Wicht M.J: Validierung von Approximalkariesläsionen mittels Oberflächeninspektion, Radiologie und Histologie. Dtsch Zahnärztl Z 59, 27-30, (2004)
- 55 Haefer M., Merte K.: Fehlerraten von Kompositrestaurationen der Kavitätenklassen I,II und V-Vergleich zwischen Studenten und Zahnärzten. Dtsch Zahnärztl Z 56, 460-466, (2001)
- 56 Haller B., Schuster P.: Randqualität eines Ormocers (Admira) und eines Feihybridkomposits (Arabesk Top) in Klasse II-Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 55, 5 ,(2000)
- 57 Haller B.: Aktueller Stand der Komposit – Dentinhaftung. Zahnärztl Mitte 18, 86, (1992)
- 58 Haller B., R. Thull, B. Klaiber, A. Schmitz: Höckerstabilisierung durch Adhäsivinlays in mod-Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 45, 660-663, (1990)
- 59 Hannig, M., Kreuzkamp H., Albers H.K.: Zur Bedeutung der Wasserlagerung für die marginale Adaptation von Kompositfüllungen. Dtsch Zahnärztl Z 49, 595-600, (1994)

- 60 Hatibovic - Kofman S., Suljak J.P., Koch G.: Remineralization of natural carious lesions with a glass ionomer cement. *Swed Dent J* 21, 11, (1997)
- 61 Hellwig E., Klimek J., Attin T.: Einführung in die Zahnerhaltung Urban & Schwarzenberg, München – Wien - Baltimore (1995)
- 62 Hickel R., Manhart J. & Garcia-Godoy F.: Clinical results and new developments of direkt posterior restorations. *Am J of Dent* Vol. 13, (Special issue) November (2000)
- 63 Hickel R., Manhart J.: Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. *The journal of adhesive dentistry* Vol. 3, No 1, (2001)
- 64 Hickel R.: Moderne Füllungswerkstoffe. *Dtsch Zahnärztl Z* 52, 572, (1997)
- 65 Hilton T.J., Ferracane J.L.: Cavity preparation factors and microleakage of class II composite restorations filled at intraoral temperatures. *Am J Dent* 12, 123, (1999)
- 66 Hilton T. J., Schwartz R.S., Ferracane J.L.: Microleakage of four Class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature. *Quintessenz* 28, 135, (1997)
- 67 Hirasawa T., Hirano S., Hirabayashi S., Harashima J., Aizowa M.: Initial dimensional change of composites in dry and wet conditions. *J Dent Res* 62, 28, (1983)
- 68 Ibarra G., Geurtsen, T.C.Aw. : Substanzschonende Behandlung kariöser Läsionen in der Zahnerhaltung. *Dtsch Zahnärztl Z* 59, 130-140, (2004)
- 69 Ingram G.S., Nash P.F.: A mechanism for the anticaries action of fluoride. *Caries Res* 6, 1-15, (1972)
- 70 Janda R.: Der Stand der Entwicklung auf dem Gebiet der Zahnfüllungswerkstoffe (II). *Quintessenz* 7, 1243-1253, (1988)
- 71 Käse R.: A single - component Compomer – The Technology behind it. *Dentsply De Trey Publication*, (1993)
- 72 Kastle L.M., Sewitz R.H., Oldakowski R.J. et al.: Coronal caries in the primary and permanent dentition of children and adolescent 1-17 years of age: United States, 1988-1991. *J Dent Res* 75, 631-641, (1996)
- 73 Kemp-Scholte C.M., Davidson C.L.: Overhang of class V composite resin restorations from hygroscopic expansion. *Quintessenz* 20, 551, (1989)
- 74 Keterl W.: Zahnerhaltung I Urban & Schwarzenberg, München- Wien- Baltimore, 3. Auflage, (1992)
- 75 Kidd E.A.M., Toffenetti F., Mjör I.A.: Secondary caries. *Int Dent J* 42, 127-138, (1992)

- 76 Kielbassa A.M., Müller U., Garcia-Godoy F.: Insitut study on the cariespreeventing effects of fluoridereleasing materials. Am J Dent 12, (1999) (Special issue)
- 77 Knop B., Schiffner U.: Fluoridabgabe aus Kompomeren unter dem Einfluß regelmäßiger Fluoridapplikation. Dtsch Zahnärztl Z 52, 12, (1997)
- 78 Krämer N., u.a.: Cermet Füllungen. Dtsch Zahnärztl Z (1994)
- 79 Krämer N., Kunzelmann K.H., Pollety T., Pelka M., Hickel R.: Langzeiterfahrungen mit Cement – Zementfüllungen in Klasse I/II Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 49, 905-909, (1994)
- 80 Krämer N., Pelka M., Kautetzky P., Sindel J., Petschelt A.: Abrasionsbeständigkeit von Kompomeren und stopfbaren Glasionomerezementen. Dtsch Zahnärztl Z 52, (1997)
- 81 Krämer N., Sinel J., Frankenberger R.: Werkstoffkundliche Charakterisierung eines neuen Füllungsmaterials. 122. Jahrestagung der Dtsch. Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kiefer-Heilkunde. 12. Jahrestagung der Dtsch. Gesellschaft für Zahnerhaltung vom 15. - 17. Oktober 1998 in Bremen
- 82 Krämer N., Stoya A.R., Lorner K., Frankenberger R.: Clinical behaviour of a new posterior concept after six months. J Dent Res, 77th. General Session of IADR Vol. 78, (1999)
- 83 Krejci I.: Zahnfarbene Restaurationen. Carl Hanser, München (1992)
- 84 Krejci I., Lutz F., Reich T., Albertoni M.: In - vitro Testverfahren zur Evaluation dentaler Restaurationssysteme. 1. computergesteuerter Kau-Simulator. Schweiz Monatsschr zahnmed 100, 953-960, (1990)
- 85 Kühnisch J., Heinrich-Weltzien R., Weerheijm K., Stößer L.: Beitrag der Bissflügel-Aufnahme zur Diagnose der Approximalkaries im Seitenzahnggebiet. Dtsch Zahnärztl Z 56, 594-597, (2001)
- 86 Kullmann W.: Hybrid - Mikropartikel - Komposit im klinischen Vergleich. Dtsch Zahnärztl Z 40, 910-914, (1985)
- 87 Kunzelmann K. H., Hickel R.: Entwicklung eines 3D-Meßplatzes zur Quantifizierung von Oberflächenveränderungen an Zähnen und Füllwerkstoffen. Arbeitsgemeinschaft für Grundlagenforschung in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund-, und Kieferkrankheiten.
- 88 Kunzelmann K.H., Krause F., Hickel R.: Dentinhftung von Kompositfüllungen und Keramikinlays in Klasse II Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 48, 724, (1993)
- 89 Kunzelmann K.H.: Verschleißanalyse und - Quantifizierung von Füllungsmaterialien in vivo und in vitro. Aachen: Shaker, 1998 Zugel.: München, Univ. Habil.-Schr. (1998)

- 90 Kunzelmann K.H., Krause F., Hickel R.: Dentinhaftung von Kompositfüllungen und Keramik- Inlays in Klasse II-Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 48, 724, (1993)
- 91 Lambrechts P., Braem M., Vanherle G. (1987) : Evaluation of clinical performance for posterior composites resins and dentin adhesives. Oper Dent 12, 53-78, (1987)
- 92 Lambrechts P., Braem M., Vuylsteke-Wauters M., Vanherle G.: Quantitative in vivo wear of human enamel. J Dent Res 68, 1752, (1989)
- 93 Leidal T.I.: Accomplishments and expectation with posterior composit resins.
- 94 Leinfelder K.F., Taylor D.F., Barkmeier W.W., Goldberg A.J.: Quantitative wear measurements of posterior composite resins. Dent Mater 2 , 198, (1986)
- 95 Loher C., Kunzelmann K..H., Hickel R.: Klinische Studie mit Hybridglasionomerzement-, Kompomer- und Kompositfüllungen in Klasse V-Kavitäten. Dtsch Zahnärztl Z 52, (1997)
- 96 Lussi A., Schaffner M., Suter P., Hotz P.: Toxikologie der Amalgame. Schweiz Monatsschr Zahnmed 99, 54, (1989)
- 97 Lutz F., Philips R.W., Roulet J.F., Imfeld Th.: Komposites - Klassifikation und Wertung. Schweiz Monatsschr Zahnmed 93, 914, (1983)
- 98 Mackert J.R.: Dental amalgam and mercury. J Dent Assoc 122, 54, (1991)
- 99 Manhart J., Kunzelmann K.-H., Hickel R.: Mechanische Eigenschaften und Abrasionsverhalten von neuartigen stopfbaren Kompositen. Autorenreferate der 31.Jahrestagung Mainz 7.und 8. Januar 1999 der AGF in der DGZMK
- 100 Marthaler T.M., O'Mullane D.-M.O., Vrbic V.: The prevalence of dental caries in Europe 1990-1995. Caries res 30, 337-355, (1996)
- 101 Mayer T., Lenhard M., Pioch Th.: Der Einfluss plastischer Füllungsmaterialien auf das Demineralisationsverhalten von Zahnschmelz. Dtsch Zahnärztl Z 51, 235, (1996)
- 102 Mc Kinney J.E., Wu W.: Chemical softening and wear of dental composites. J Dent Res 64, 1326, (1985)
- 103 Mehl A., Gloger W., Kunzelmann K.H., Hickel R.: A new optical 3-d device for the detection of wear. J Dent Res 76, 1799-1807, (1997)
- 104 Merrett M.C.W., Elderton R.J.: An in vitro study of restorative dental treatment decisions and dental caries. Br Dent J 157, 128-133, (1984)

- 105 Merte Ilka, Schneider H., Merte K.: Kompositrestauration ohne Verbundanspruch - Dentin- Werkstoff-Interaktion in vivo und in vitro. 122.Jahrestagung der Dtsch. Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. 12. Jahrestagung der Dtsch. Gesellschaft für Zahnerhaltung vom 15. -17. Oktober 1998 in Bremen
- 106 Merte K., Merte I., Schneider I., Gabriel P.: Evaluation of Liner-Dentin-Interface and sealing efficiency invivo. Journal of dental research.; 77th general session of IADR (1999); Volume 78, special issue
- 107 Mitra S.B.: In vitro fluoride release from a light cured glass-ionomer liner/base. J Dent Res 70, 75, (1991)
- 108 Mjör I. A., Jokstad A.: Five year study of class II restorations in permanent teeth using Amalgam, glass polyalkenoate (ionomer) cermet and resin-based composite materials. J Dent 21, 338-343, (1993)
- 109 Mjör I. A., Toffenetti F.: Placement and replacement of resin-based composite restorations in Italy. Oper Dent 17, 82-5, (1992)
- 110 Momoi Y., McCabe J-F.: Fluoride release from light - activated glassionomer restorative cements. Dent Mater 9, 151, (1993)
- 111 Neuerer P.: Klinische Untersuchung, Randspaltanalyse und 3D-Abrasionsmessung von Komposit- und Keramik-Inlays mit ausgedehnten MOD-Kavitäten 1. und 2. Jahresergebnisse. Dissertation zum Erwerb eines Doktorgrades an der LMU-München (1999)
- 112 Noack M.J., Haak R., Treige B.: Validity and reability of desicions to replace tooth-colored restorations. J Res 75, 342, (1996)
- 113 Oliveira J.P.P, Gonzalez-Cabezas C., Zottis L.H. et al.: Placement/Replacement of restaurations in privat practice: Porto Alegre, Brazil. J Dent Res 78, 496, (1999)
- 114 Opdam N.J.M., Roeters J.J.M., Kujis R., Burgersdijk R.C.W.: Necesserity of bevel for box only Class II composit restaurations. J Prothet Dent 80, 274, (1998)
- 115 Pagliarini A., Rubini R., Rea M., Campese C., Grandini R.: Effectiveness of the current enamel-dentinal adhesives: a new methodology for its evaluation. Quintessenz 27, 265-270, (1996)
- 116 Pashley D.H.: In vitro simulations of in vivo bonding conditions. Am J Dent 4, 237, (1996)
- 117 Pashley D.H.: Clinical correlations of dentin structure and function. J Prothet Dent 66, 777-781, (1991)
- 118 Pashley D.H.: Interactions of dentin materials with dentin. Trans Acad Dent Mater 3, 55-73, (1990)

- 119 Peutzfeld A.: resin composites in dentistry: the monomer systems. Eur J Oral Sci 105, 97-116, (1997)
- 120 Quist J., Quist V. , Mjör I.A.: Placement and longevity of amalgam restorations in Denmark. Acta Odontol Scand 48, 297-303, (1990)
- 121 Reich E., Schmalz G., Syndikus S.: Klinischer Vergleich unterschiedlicher Zahnhalsfüllungen nach einem Jahr. Dtsch Zahnärztl Z 45, 292-296, (1990)
- 122 Reich E., Völkl H.: Vergleich zweier Untersuchungsmethoden zur Bestimmung der Randspalten von Zahnhalsfüllungen. Vortrag bei der AfG - Tagung in Mainz, (1988)
- 123 Reinhardt K.J., Vahl J., Tölle F.: Vergleichende Untersuchungen zur Tauglichkeit von Kompositen im Seitenzahnbereich. Dtsch Zahnärztl Z 39, 105-109, (1984)
- 124 Ribiero J., Ericson D.: In vitro antibacterial effect of chlorhexidine added to glassionomer. Scan J Dent Res 99, 533, (1991)
- 125 Roulet J.F.: Zahnfarbene Restaurationen als Amalgamalternativen. Dtsch Zahnärztl Z 49, 859, (1994)
- 126 Ryge G., Snyder M.: Evaluation the clinical quality of restorations. J Am Dent Assoc 87, 369-377, (1973)
- 127 Ryge G.: Clinical criteria. Int Dent J 30, 347, (1980)
- 128 Rzanny Angelika, Göbel R., Welker D.: Werkstoffkundlicher Vergleich zahnfarbener Füllungsmaterialien. Phillip Journal 3, 4, (1999)
- 129 Salz U.: Aktive Substanzen in Dentalmaterialien. Phillip J 9, 10, (1997)
- 130 Schiele R.: Die Amalgamfüllung - Verträglichkeit. Eur J Oral Sci 105, 81, (1997)
- 131 Schiffner U., von Bröckel U.: Die Fluoridabgabe aus drei fluoridhaltigen Kompositen im Vergleich zur Fluoridfreisetzung aus einem Glasionomercement Dtsch Zahnärztl Z 54, (1999)
- 132 Schiffner U.: Inhibition of enamel and root dentin demineralization by ariston phc: an artificial mouth study. Am J Dent, 12 (Special issue) (1999)
- 133 Schröder H.E.: Orale Strukturbiologie. Thieme, Stuttgart 1992. Dtsch Zahnärztl Z 46, 515, (1991)
- 134 Schuckar M., Geurtsen W.: Proximo-cervical adaptation of class II-composite restoration after thermocycling: a quantitative and qualitative study. J Oral Rehabil 24, 766, (1997)

- 135 Schüpbach P., Lutz F., Guggenheim B., Giertsen E.: Efficacy of an alkaline composite to prevent secondary caries. *Journal of dental research*, 77th general session of IADR (1999); Vol.78, (special issue)
- 136 Seppä L., Forss H., Ogaard B.: The effect of fluoride application on fluoride release and the antibacterial action of glass ionomer. *J Dent Res* 72, 1310, (1993)
- 137 Söderholm K.-J.M.: Correlation of in vivo and in vitro performances of adhesive materials: A report of the ASC MD 156 Task Group on Test Methods for the Adhesion of Materials. *Dent Mater* 7, 74, (1991)
- 138 Soltesz U.: Polymerisationsschrumpfung einiger neuer Komposit-Füllungswerkstoffe. *Zahnärztl Mitt* 88, 1404, (1998)
- 139 Soltesz U.: Polymerisationsschrumpfung von Definite, Korrekturwerte. *Dtsch Zahnärztl Mitt* 89, 58, (1999)
- 140 Swift E.J., Perdigao J., Heymann H.O.: Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art. 1995, *Quintessenz* 6, 95, (1998)
- 141 Takahashi K., Emilson C.G., Birkhed D.: Fluoride release in vitro from various glass ionomer cements and resin composites after exposure to NaF solutions. *Dent Mater* 9, 350, (1993)
- 142 Taylor D.F., Bayne S.C., Sturdevant J.R., Wilder A.D.: Correlation of ML-Leinfelder and USPHS clinical evaluation techniques for wear. *Dent Mater* 6, 151, (1990)
- 143 Tostenson B., Brännström M.: Contraction gap under composite resin restorations: Effect of hygroscopic expansion and thermal stress. *Oper Dent* 13, 24, (1988)
- 144 Van Meerbeek B., Perdigao J., Lambrechts P. et al.: The clinical performance of adhesives. *J Dent Res* 26, 1-20, (1998)
- 145 Vanherle G., Smith D.C. (Eds.): *Posterior composite resin dental restorative materials*. 3 M, St. Paul, 451, (1985)
- 146 Verbeeck R.M., De Moor, van Even D.F.J., Martens L.C.: Short-term fluoride release of a hand-mixed vs. capsulated system of a restorative glass - ionomer cement. *J Dent Res* 72, 577, (1993)
- 147 Viohl J.: *Komposite im Seitenzahnbereich aus werkstoffkundlicher Sicht*. *Dtsch Zahnärztl Z* 39, 342-348, (1984)
- 148 Viohl J.: *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung*. Hüthig Verlag Heidelberg, Brandl, (1985)
- 149 Willems G., Lambrechts P., Braem M., Vanherle G.: Three years in vivo wear results of three posterior composites. IADR, CED. Bern (1990)

- 150 Willershausen B., Schäfer D., Pistorius A., Schulze R., Mann W.: Influence of resin-based restoration materials on cytotoxicity in gingival fibroblasts. *European Journal of medical research* 4, 149-155, (1999)
- 151 Wilson A.D., Kent B.E.: A new translucent cement for dentistry: the glass-ionomer cement. *Brit.Dent.J.*,132, (1972),133
- 152 Wissenschaftliche Dokumentation Ariston phc der Firma Vivadent (1998)
- 153 Wolter H., Storch W.: Urethane (meth)acrylate alkoxy silanes, a new type of reactive compounds for the preparations of inorganic-organic copolymers (ormocers). *Polymer & Mater Res. Symp. Bayreuth*, 14, (1993)
- 154 Wolter H., Storch W., Ott H.: Dental filling materials (posterior composites) based on inorganic/organic copolymers (ormocers). *Proc Int Symp Macromolecules* , 503, (1994)
- 155 Wolter H., Storch W., Ott H.: New inorganic/organic copolymers (ormocers) for dental applications. *Proc Mater Res Soc Symp* 346, 143, (1994)

Nachuntersuchungsbogen nach .. Monaten

Name, Vorname des Patienten: _____ Geb.-Datum: _____

Untersucher: _____ Kontrolldatum: _____

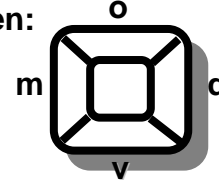
Bogen - Nr:

--	--

Zahn:

--

Flächen:



Ryge-Kriterien: (0 = Kriterium trifft nicht zu; 1-8 = entspr. Kriterium trifft zu; 9 = missing value-nicht beurteilbar)

1. Oberfläche		
alpha	1=glatt	<input type="checkbox"/>
bravo	2=leicht rauh	<input type="checkbox"/>
2. Anatomische Formgebung		
alpha	1=unverändert, entspricht der Zahnform	<input type="checkbox"/>
bravo	2=leicht überkonturiert, 3=leicht unterkonturiert	<input type="checkbox"/>
charlie	4=stark unterkonturiert (Behandlung!)	<input type="checkbox"/>
3. Marginale Adaptation (Übergang Füllung-Zahn)		
alpha	1=kein Übergang sonderbar	<input type="checkbox"/>
bravo	2=leichte neg.Stufe, 3=leichte pos.Stufe oder Korrosion, 4=Randspalt nicht im Dentin	<input type="checkbox"/>
charlie	5=starke neg.Stufe, 6=starke pos.Stufe, 7=sondierbarer Spalt	<input type="checkbox"/>
delta	8=Füllung locker, 9=Sekundärkaries	<input type="checkbox"/>
4. Integrität des Zahnes		
alpha	1=Restzahn unversehrt	<input type="checkbox"/>
bravo	2=leichte Absplitterung, 3=Haarriß	<input type="checkbox"/>
charlie	4=starke Absplitterung, ggf. mit freiliegenden Dentin/UF, 5=sondierbarer Riß	<input type="checkbox"/>
delta	6=Höcker-/Zahnfraktur	<input type="checkbox"/>
5. Integrität der Füllung		
alpha	1=Füllung unversehrt	<input type="checkbox"/>
bravo	2=leichte Absplitterung, 3=Haarriß, 4=blasig, 5=Abrasion, Unterkonturierung	<input type="checkbox"/>
charlie	6=starke Absplitterung, 7=st.Abspl. mit Freilegung Dentin/UF, 8=durchgehender Riß	<input type="checkbox"/>
delta	9 =Fraktur mit Verlust/Lockerung der Filg.	<input type="checkbox"/>
6. Okklusion/Artikulation		
alpha	1=unverändert	<input type="checkbox"/>
bravo	2=wenig O./A., 3=starke O./A.	<input type="checkbox"/>
charlie	4=keine O./A., 5=traumatische O./A., 6=Myo-Arthropathien	<input type="checkbox"/>
delta	7=O./A.führte zu Füllungsfraktur 8= O./A.führte zu Zahnfraktur	<input type="checkbox"/>
7. Lockerung (nach DGP)		
alpha	Behandelter Zahn (0,1,2,3)	<input type="checkbox"/>
bravo	Mesialer Antagonist (0,1,2,3)	<input type="checkbox"/>
charlie	Distaler Antagonist (0,1,2,3)	<input type="checkbox"/>

8. Approximalkontakt		
alpha	1=Zahnseide durchgängig, physiologisch	<input type="checkbox"/>
bravo	2=etwas zu schwach, 3=etwas zu stark (keine Beschwerden!)	<input type="checkbox"/>
charlie	4=viel zu schwach, 5=viel zu stark (Beschwerden)	<input type="checkbox"/>
delta	6=traumatisierte Papille	<input type="checkbox"/>
9. Sensibilität		
alpha	1=unauffällig	<input type="checkbox"/>
bravo	2=leicht verfrüht/verstärkt, 3=schwach	<input type="checkbox"/>
charlie	4=stark verfrüht/verstärkt, 5=sehr schwach	<input type="checkbox"/>
delta	6=negativ bei positivem Ausgangsbefund	<input type="checkbox"/>
10. Beschwerden		
alpha	1=keine	<input type="checkbox"/>
bravo	2=heiß/kalt, 3=süß/sauer, 4=auf Belastung, 5=spontan	<input type="checkbox"/>
charlie	6=reversibel pulpitische Beschwerden	<input type="checkbox"/>
delta	7=endodontische Behandlung notw.	<input type="checkbox"/>
11. Röntgenkontrolle		
alpha	1=unauffällig	<input type="checkbox"/>
bravo	2=leichter Randspalt (gerade tastbar), 3=leichte neg.Stufe, 4=leichte pos.Stufe	<input type="checkbox"/>
charlie	5=deutlicher Randspalt (Sonde hakt), 6=starke neg.Stufe, 7=starke pos.Stufe	<input type="checkbox"/>
delta	8=Sekundärkaries, 9=Hartsubstanziß	<input type="checkbox"/>
12. Okklusionskontakte auf der Füllung		
alpha	Randleiste mesial (1=nur Zahn, 2=nur Füllung, 3=beides, 4=sonstiges)	<input type="checkbox"/>
bravo	Randleiste distal (1=nur Zahn, 2=nur Füllung, 3=beides, 4=sonstiges)	<input type="checkbox"/>
charlie	Höcker (1=nur Zahn, 2=nur Füllung, 3=beides, 4=sonstiges)	<input type="checkbox"/>
delta	Fossa (1=nur Zahn, 2=nur Füllung, 3=beides, 4=sonstiges)	<input type="checkbox"/>

Ø Verlust der Füllung⇔ Datum: _____

Ursache: _____

Gesamtbeurteilung	: Ø excellent	Ø zufriedenstellend
	Ø bald erneuern	Ø sofort erneuern

! Checkliste:

- Ø Foto mit Kontaktpunkten
- Ø Foto ohne Kontaktpunkte
- Ø Abdruck
- Ø REM

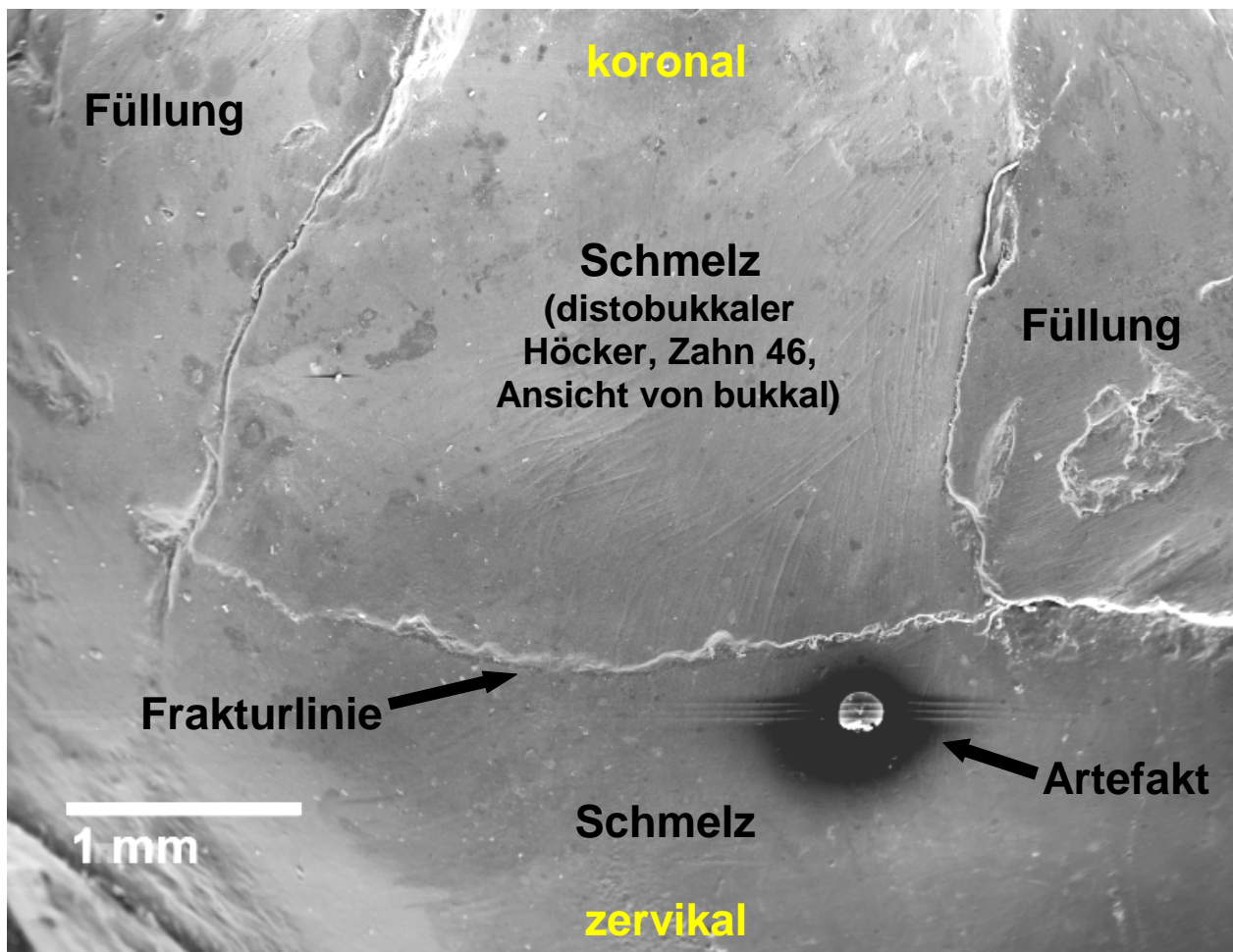


Abb.41 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme zur Darstellung eines Schmelzrisses bei 50 facher Vergrößerung

10 Lebenslauf

Name: Schott Tobias Ernst

Geburtsdatum: 30. März 1968

Geburtsort: Wasserburg am Inn

Eltern: Schott Hugo Franz
Schott Anneliese, geb. Werber

Geschwister: Schott Marcus, geb. 25.8.1962

Schulbildung: 1974 – 1978 Volksschule in Gauting
1978 – 1989 Gymnasium in Solln

Schulabschluss: 1989 Abitur

Studiumverlauf: Mai 1990 Studiumbeginn im Fach Zahnheilkunde
an der LMU München
18. April 1991 Vorphysikum
25. Februar 1994 Physikum
Sommersemester 1997 Staatsexamen

Studienabschluss: Approbation

Vorbereitungsassistentszeit:

28.11.97 – 15.06.98 Zahnarztpraxis, Schott Hugo
15.06.98 – 15.01.00 Dr. Hajo Störchel

Selbstständigkeit: 15.01.00 – 30.04.01 als Vertragszahnarzt in eigener
Praxis in München, Öttingenstr.30
Seit 1.1.02 als Vertragszahnarzt in eigener Praxis in
Gilching, Römerstr.4a

Datum, Ort

Unterschrift

11 Danksagung

Herrn Prof. Dr. R. Hickel, Direktor der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München, danke ich für die Möglichkeit, die in der vorliegenden Arbeit geschilderten Versuche ausführen zu können.

Herrn Prof. Dr. Kremers danke ich für die Überlassung des Themas dieser Dissertationsschrift. Seine großzügige Unterstützung mit Ideen und Hinweisen war mir eine wertvolle Hilfe.

Herrn Dr. Alexander Aichhorn danke ich für die Mithilfe und seinem Engagement. Er hatte auf all meine Fragen einen konstruktiven Vorschlag.

Herrn T. Obermeier danke ich für die Hilfestellung an REM und Computer.

Herrn Dr. Hamm danke ich für die Hilfe in den statistischen Fragen.

Ferner danke ich allen, die direkt sowie indirekt zur Realisierung dieser Arbeit beigetragen haben.

Stellungnahme der Korrekturen

1) Hinzufügen eines Abkürzungsverzeichnis.

2) Hinzufügen der Vergrößerungsfaktoren bei der REM Darstellung. Abb.14 bis 19

Wollte mit der Darstellung keine exakten Analysen darstellen, sondern nur eine bildliche Darstellung von Randbewertungen in optimaler Vergrößerung zur Veranschaulichung von Bewertungskriterien. REM das mir zu Verfügung stand hatte leider keine automatische Dateneinblendung.

3) Literaturverweise angeblich nur bis zum Jahr 1999

Daten für diese Studie wurden von 1999 bis 2001 gesammelt und ausgewertet. Hatte Literatur bis zum Jahr 2001 (wurde vielleicht leider übersehen).

Habe noch Literatur die zu diesem Thema nach 2001 zu finden war nachgetragen, ebenso die zwei fehlenden Literaturzitate von Black Seite(9;85) und Miller Seite (6;78)

4) Vergleich von Klasse I und II Kavitäten

Hierbei wurde von mir lediglich ein Vergleich in der Diskussion erwägt der möglicherweise eine Ursache der Misserfolge sein hätte können. Dieser Vergleich war nicht Bestandteil der Untersuchungsziele bei Studienbeginn. Habe diesen Bewertungspunkt aus der Diskussion zu dem Ergebnissteil hinzugenommen und grafisch dargestellt. Abb.24 auf Seite 43

5) das Fehlen von Legenden unter den Grafiken.

Vorhandene Legenden wurden ergänzt und beschreiben nun deutlicher die grafische Darstellung der Ergebnisse und die angewandten Testverfahren. Abb.23 bis Abb.40

6) Abschnitt 4.3, unverständliche Grafik

Hier wurde auf Seite 35 im Teil „Material und Methode“ der Text ergänzt der den Hergang der Untersuchung und die daraus resultierenden Ergebnisse erklärt. Die fehlende Nachuntersuchung nach 18 Monaten wurde in der Diskussion Seite 72 erklärt.

7) Die Unklarheit der Arbeiten des Doktoranden

Der Aufgabenbereich des Doktoranden wurde auf Seite 23 ausführlicher beschrieben.

8) Unklare Grafiken im Ergebnissteil

Die Skalierung der Grafen Abb.(28;30) wurden alle auf 100% gesetzt.

Die Werte im Text wurden den Grafiken angeglichen. Hierzu kam es da wir eine laufende Langzeitstudie durchgeführt hatten, bei der die Patienten laufend nachuntersucht wurden und neue Daten lieferten. Es wurden dabei immer wieder neue Zwischenergebnisse gemacht um

sie der Firma, die diese Studie in Auftrag gegeben hat vorzutragen. Es wird gewesen sein, daß der Text den ich für diese Dissertation verfasst habe von einem Zwischenergebnis kurz vor meiner letzten Datenauswertung war. Ursprüngliche Fassung Abb.(24;25;30;31) jetzt Abb.(25;26;31;32)