

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
der Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der  
Universität Würzburg  
Direktor: Professor Dr. med. dent. B. Klaiber

***In vitro-Studie über den Einfluss von Speichel bzw. Öl - Wasser -  
Kontamination auf Adhäsivtechniken bei Klasse II - Kompositfüllungen***

**Inaugural - Dissertation**  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg  
vorgelegt von  
**Elisabeth Beilhack**  
aus Friesach/Kärnten, Österreich

Würzburg, Januar 2004

Referent: Prof. Dr. med. dent. B. Klaiber

Koreferent: Prof. Dr. med. dent. A. Renk

Dekan: Prof. Dr. med. S. Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 28. Mai 2004

Die Promovendin ist Zahnärztin

Für meine lieben Eltern

---

<b>1</b>	<b>Einleitung und Problemstellung</b>	1
1.1	Komposit als Amalgamersatzmaterial als Kompositersatzmaterial	1
1.2	Allgemeines über Komposite	2
1.3	Randspaltproblematik	3
1.4	Haftmechanismen zwischen Zahnschmelz und Komposit	4
1.5	Komposit-Dentin-Haftung	5
1.6	Zielstellung	8
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	9
2.1	Herstellung der Testfüllungen	9
2.1.1	Vorbereitung der Testzähne	9
2.1.2	Kavitätenpräparation	9
2.1.3	Fixieren der Zähne in einer künstlichen Zahnreihe	12
2.1.4	Vorbehandlung der Klasse-II- Kavitäten	14
2.1.5	Schmelz-Dentin-Konditionierung	14
2.1.6	Verwendete Schmelz-Dentin-Adhäsivsysteme	15
2.1.7	Verwendete Restaurationssysteme	17
2.1.8	Herstellung der Kompositfüllungen	17
2.1.9	Versuchsaufbau im Überblick	19
2.2	Ausarbeitung und Politur der Füllungen	21
2.2.1	Thermische Wechselbelastung der Proben für das REM	22
2.2.2	Vorbereitung der Proben für das Rasterelektronenmikroskop	22
2.2.3	Auswertung der Proben mit dem REM	23
2.3	Statistische Auswertung	24
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	25
3.1	Einfluss einer Kontamination auf die Randqualität im Schmelz	25
3.1.1	Perfekte Füllungsrande im Schmelz	25
3.1.2	Imperfekte Füllungsrande im Schmelz	.....28
3.1.3	Randspaltbildung im axialen Zahnschmelz	30

---

3.2	Einfluss einer Kontamination auf den Randschluss im Dentin	32
3.2.1	Perfekte Füllungsränder im Dentin	32
3.2.2	Imperfekte Randbereiche im Dentin	33
3.2.3	Randspaltbildung im Dentin	34
3.3	Füllungsränder im Schmelz und Dentin insgesamt	36
3.3.1	Perfekte Ränder im Schmelz und Dentin	36
3.3.2	Messwerte imperfekter Füllungsränder insgesamt	37
3.3.3	Randspaltbildungen an Schmelz- und Dentinrändern insgesamt	38
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>40</b>
4.1	Kritik der Methode	40
4.1.1	Standardisierte Kavitätengestaltung	40
4.2	Besprechung der Ergebnisse	41
4.3	Schlussfolgerungen	44
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>59</b>
7.1	Verzeichnis der Hersteller	61
7.2	Ergebnistabellen	64
7.2.1	Randschluss im Zahnschmelz	64
7.2.2	Randschluss im Dentin	65
7.2.3	Randschluss im Schmelz und Dentin	66
	<b>Danksagungen</b>	
	<b>Lebenslauf</b>	

---

## 1 Einleitung und Problemstellung

### 1.1 Komposit als Amalgamersatzmaterial

Ende der 70er Jahre haben sich plastische Kompositfüllungsmaterialien zum Standardrestaurationsmaterial im Frontzahnbereich durchgesetzt.

Aufgrund des zunehmenden Gesundheitsbewusstseins und des wachsenden ästhetischen Anspruchs vieler Patienten ist die Verwendung zahnfarbener natürlich aussehender Füllungsmaterialien auch im Seitenzahnbereich stark in den Vordergrund gerückt. Nicht allein die ästhetische Komponente, sondern auch ökologische und toxikologische Ängste gegenüber dem althergebrachten Amalgam bewirkten einen raschen Fortschritt in der Weiterentwicklung von Kompositmaterialien und Adhäsivsystemen.

Die wichtigsten Anforderungen an eine zahnmedizinische Füllung sind nach wie vor Biokompatibilität, dichter Verschluss des Zahndefektes und Verschleissfestigkeit. Die Versorgung von Zahndefekten mit Komposit ist allerdings aufwendiger, techniksensitiver und damit zeitintensiver als eine Restauration mit Amalgam.

Die Randqualität einer Kompositrestauration hängt von vielen Faktoren ab. Dabei spielen unter anderem die Vorbehandlung der Kavität, das verwendete Adhäsivsystem, dessen Haftmechanismen und die Applikation des Komposites eine wichtige Rolle.

Nach Entfernen der Amalgamfüllungen präsentieren sich oft weit nach zervikal ins Dentin reichende Kavitäten, die eine perfekte Trockenlegung mit Kofferdam verhindern.

Trotz vieler negativer Aspekte gegenüber Amalgam scheint eine Kontamination der Kavitätenoberfläche mit Speichel keinen großen Einfluss auf Haltbarkeit und Randspaltproblematik von Amalgamfüllungen zu haben. Klinische Beobachtungen haben gezeigt, dass sich Kompositfüllungen nicht so „tolerant“ gegenüber kontaminierten Zahnoberflächen verhalten.

---

Unweigerlich kann es während des Konditionierungsvorganges beziehungsweise Auftragens von Primer oder Bonding zu einer ungewollten Benetzung der Kavitätenoberfläche mit Speichel kommen.

Trotz rasanter Weiterentwicklung der Dentinhaftvermittler ist die Langzeitbeständigkeit des Dentin-Kompositverbundes auch ohne Speichelkontamination noch nicht vollständig geklärt.

## 1.2 Allgemeines über Komposite

Die meisten heute verwendeten Komposite sind Hybridkomposite. Sie bestehen aus einer mit Mikrofüllern (0,04-0,15  $\mu\text{m}$  große Siliziumdioxidpartikel) verstärkten Kunststoffmatrix (Dimetacrylate), in welche Makrofüller (0,8-5 $\mu\text{m}$  große Glas oder Quarzpartikel) eingeschlossen sind. Den größten Anwendungsbereich haben heutzutage Feinpartikelhybride, bei denen die Größe der Makropartikel nur noch 0,8-2  $\mu\text{m}$  beträgt. Inzwischen haben sich neben den eher hochviskösen modellierfähigen Materialien auch mittelvisköse spritzbare Hybridkomposite mit etwas niedrigerem Fülleranteil etabliert (z. B. Tetric flow<sup>®</sup>, Revolution<sup>®</sup>). Diese können in die Kavität injiziert werden.

Makrofüllerkomposite (*Lutz et al.* 1983, *Roulet* 1987) sind mittlerweile aufgrund ihrer schlechten Polierbarkeit, ihrer starken Abrasivität am Gegenzahn, ihrer mangelnden Verschleißfestigkeit und großen Oberflächenrauigkeit obsolet (*Haller* 1992).

### 1.3 Randspaltproblematik

In mehreren histologischen Studien über das Pulpa-Dentin-System konnte festgestellt werden, daß schlecht abgedichtete Kavitäten mit Mikrospalten ein geeignetes Reservoir für Bakterien und deren Stoffwechselprodukte darstellen. Unter diesen „optimalen“ Bedingungen können sich Bakterien gut vermehren, eine Sekundärkaries auslösen und Pulpaerkrankungen hervorrufen (*Staninec et al.* 1986, *Torsteson & Brännstrom* 1988). Toxische Verbindungen in Kompositen scheinen dagegen nur eine untergeordnete Rolle für eine Schädigung der Pulpa zu haben (*Bergenholtz et al.* 1982, *Cox et al.* 1987, *Hörstedt-Bindslev* 1987, *Cox et al.* 1988).

Eine Spaltbildung zwischen Kavitätenwand und Komposit kommt neben einer inadäquaten Adaptation in erster Linie durch eine Schrumpfung des Komposites (Polymerisationskontraktion) zustande. Bei der Verkettung der Monomere zu Polymeren kommt es zu einer Volumenreduktion der Kunststoffmatrix, die zu einer Schrumpfung der Kompositfüllung führt.

Durch unterschiedliche Komposit-Schichttechniken kann ein Teil der Schrumpfung kompensiert werden. Dabei soll die Höhe jeder einzelnen Kompositschicht maximal 2 mm betragen und nach Herstellerangaben polymerisiert werden. Bis zu 24 Stunden nach Legen der Kompositfüllung erfolgt ein unkontrolliertes „Nachschrumpfen“ um 10% - 30% der „Gesamtschrumpfung“ (*Feilzer et al.* 1988, *Unterbrink & Müssner* 1995).

Diese Polymerisationsschrumpfung kann zu Zugspannungen von 2.8 - 7.3 Mpa (*Bowen et al.* 1983, *Davidson & De Gee* 1984) führen, wenn die Kontraktion durch Anheftung des Komposites an die Kavitätenwände verhindert wird. Bei hoher Verbundfestigkeit können diese Zugspannungen Frakturen sowohl im Komposit als auch in der Zahnhartsubstanz hervorrufen (*Bowen et al.* 1983, *Davidson et al.* 1984, *Davidson et al.* 1986, *Feilzer et al.* 1987, *Feilzer et al.* 1990). Je mehr freie Kompositfläche zur Verfügung steht, desto größer ist der Spannungsausgleich.



---

Durch den „Configuration Factor“ (C-Faktor) wird das Verhältnis von gebundenen zu ungebundenen Kompositflächen beschrieben (*Feilzer et al. 1987*). Das erklärt auch ausgeprägtere Kontraktionsspannungen bei einer mehrwandigen Kavität mit höherem C-Faktor im Vergleich zu planen Kavitätenflächen ohne Seitenwände (*Bowen et al. 1983, Davidson et al. 1984, Jörgensen et al. 1985, Davidson 1986, Feilzer et al. 1987, Feilzer et al. 1990*). Durch hygroskopische Expansion können Spannungen im Komposit zum Teil kompensiert werden (*Feilzer et al. 1990*).

Das Ausmaß einer Entstehung von Randspalten wird neben einer inadäquaten Adaptation hauptsächlich durch die Zusammensetzung der Kunststoffmatrix und weniger vom Gehalt an Füllstoffen beeinflusst (*Bowen et al. 1983, Asmussen 1985*).

Ebenso führen häufige Temperaturwechsel zu einer Verschlechterung der Randschlussqualität, da sich das Kompositmaterial aufgrund des unterschiedlichen thermischen Expansionskoeffizienten bei Abkühlung stärker kontrahiert als die angrenzende Zahnschmelz (*Asmussen 1985, Jensen & Chan 1985*).

#### **1.4 Haftmechanismen zwischen Zahnschmelz und Komposit**

Prinzipiell kann man zwischen einer Verbindung von geätztter Zahnschmelz mit Komposit und einem Verbund von Dentin mit Kompositmaterial unterscheiden. Obwohl eine rasante Weiterentwicklung der Dentinadhäsive stattfindet, ist der adhäsive Verbund im Schmelz weitaus einfacher zu erreichen.

### Schmelz-Ätztechnik:

Durch die Vorbehandlung des Zahnschmelzes mit Säure (Konditionierung) lässt sich ein Verbund zwischen Schmelz und Komposit herstellen (*Buonocore 1955*). Die Qualität des retentiven Ätzmusters ist außerordentlich wichtig für die Stabilität und Randdichtigkeit einer Füllung. Dabei spielt sowohl die verwendete Säure als auch die später beschriebene Kavitätenpräparation eine große Rolle. Bei einer Ätzung mit 35% - 40% Phosphorsäure löst sich die oberste Schmelzschicht mit dem durch die Präparation entstandenen Schleifstaub (ca. 5-10µm) auf. Zusätzlich kommt es zu einer selektiven Herauslösung von Schmelzprismenanteilen (Prismenzentrum oder –peripherie) und Verbreiterung der interprismatischen Räume. Dadurch wird ein retentives Ätzmuster mit einer Tiefe von 10-30 µm hergestellt.

Aufgrund von Kapillarkräften können Schmelzadhäsive (niedrigvisköse, hydrophobe Kunststoffe) in diese Rauigkeiten diffundieren und nach dem Polymerisieren retentive Zotten bilden (*Retiev 1973, Silverstone 1975, Lutz et al. 1976*). Nach dieser mikromechanischen Verankerung steht der chemischen Bindung des Komposites zum mikromechanisch verankerten Adhäsiv nichts mehr im Wege. Ein guter Randschluss kann demnach mit einer adhäsiven Füllungstechnik bei vorher angeschrägten Schmelzprismen und Schmelzätzung erzielt werden (*Lutz et al. 1976, Noack 1988, Krejci & Lutz 1991*).

## **1.5 Komposit - Dentinhaftung**

Die Besonderheiten der strukturellen Zusammensetzung des Zahnbeins erklärt die Vielschichtigkeit der Dentinadhäsion. Erwünschte Wirkungen der Dentinadhäsive sind Randabdichtung, Dentinversiegelung, Retention und Stabilisierung von Zahn und Restauration.

Als Dentinliquor bezeichnet man die in der Pulpa gebildete Gewebsflüssigkeit, die den Raum zwischen Odontoblastenfortsatz und Dentintubuluswand füllt. In

---

den Dentintubuli herrscht ein von innen nach außen gerichteter Liquordruck von ca. 25-30 mm Hg (*Andreas et al.* 1989). Aufgrund dieses Druckes kommt es bei der Präparation ins Dentin nach Eröffnung der Kanälchen zu einem Ausströmen des Dentinliquors. Durch einen verstärkten Flüssigkeitsausstritt aus den Dentinkanälchen wird die Adaptation hydrophober Kunststoffe an den Dentinwänden gestört (*Nordenvall* 1978).

#### „Smear Layer“:

Bei der Präparation im Dentin entsteht eine 1-5 µm dicke aus Hydroxylapatit- und Kollagenrümmern bestehende Schmierschicht, die auch „Smear Layer“ genannt wird. Durch die Präparationstechnik kann die Beschaffenheit und Dicke der Schmierschicht beeinflusst werden (*Brännström et al.* 1979, *Haller & Klaiber* 1988).

Die in den Eingang eines Dentintubulus gepresste Schmierschicht wird auch als Schmierschichtpfropf bezeichnet. Die Schmierschicht und die Schmierschichtpfropfe reduzieren die Permeabilität des Dentins, das heißt sie verhindern sowohl einen Ausstrom von Dentinliquor aus den Tubuli als auch ein Eindringen exogener Substanzen (*Pashley et al.* 1978).

Man unterscheidet Dentinhaftvermittler, welche die Schmierschicht auflösen oder entfernen von denen, welche die Schmierschicht erhalten und imprägnieren (*Haller* 1992, *Van Meerbeek* 1992). Eine Entfernung der Schmierschicht kann durch Konditionierung mit Hilfe von Säuren, zum Beispiel Phosphorsäure (10- bis 40%ig), Maleinsäure (2- bis 4%ig) oder Zitronensäure (10%ig) erzielt werden. Diese Materialien werden als „Conditioner“ bezeichnet. Sie werden auf das Dentin aufgetragen und nach unterschiedlich langer Einwirkzeit mit Hilfe von Wasserspray vollständig entfernt. An der Oberfläche des Dentins wird dabei das Hydroxylapatit vollständig entfernt, so dass die Kollagenfasern frei liegen. Unterhalb dieser Schicht wird das intertubuläre Dentin teilweise demineralisiert, so dass kleine, porenartige Hohlräume entstehen. Das peritubuläre Dentin wird am Tubuluseingang vollständig

entfernt, so dass die Tubuluseingänge trichterförmig erweitert werden. Je nach Konditionierungsmittel beträgt diese Demineralisationstiefe 1-7.5  $\mu\text{m}$  (*Van Meerbeek* 1992). Die Hohlräume zwischen den freigelegten Kollagenfasern im partiell demineralisierten Dentin und in den eröffneten Dentintubuli stellen ein retentives Mikrorelief dar, in dem sich der Dentinhaftvermittler mikromechanisch verankern kann.

Primer bestehen aus amphiphilen Monomeren (zum Beispiel HEMA) und Lösungsmitteln (*Haller* 1992). Bei den Primern kann man konventionelle (ohne funktionelle Monomere) von selbstkonditionierenden (mit sauren Monomeren) Primern unterscheiden. Sie benetzen die Oberfläche des im Dentin durch Konditionierung entstandenen retentiven Mikroreliefs und ermöglichen die nachfolgende Penetration der hydrophoben Monomere des Adhäsivs (*Haller* 1992 b). Das retentive Mikrorelief und die dort eingedrungenen und anschließend polymerisierten Monomere werden insgesamt als Kunststoff - Dentin - Hybridschicht bezeichnet (*Haller* 1992 b). Diese ermöglicht den Verbund zum anschließend aufgetragenen Komposit. Eine Sondergruppe der Primer, die sogenannten selbstkonditionierenden Primer, enthalten zusätzlich zu den obengenannten Komponenten entweder schwache Säuren oder saure Monomere (zum Beispiel Phosphatester). Auf diese Weise kann die oben beschriebene Dentinkonditionierung auch ohne separate Anwendung von Konditionierungsmitteln erzielt werden (*Haller* 1992 a). Hierbei wird die Schmierschicht aufgelöst und zusammen mit den Überschüssen des selbstkonditionierenden Primers aus der Kavität entfernt. Reste der gelösten Schmierschicht fallen beim Verdunsten des im selbstkonditionierenden Primers enthaltenen Lösungsmittel auf der Dentinoberfläche aus und werden in die entstehende Hybridschicht integriert.

## 1.6 Zielstellung

Bei der Restauration von Approximaldefekten kommt es relativ häufig zu einem im Dentin liegenden zervikale Füllungsrand. Unwillkürlich kann aufgrund einer inadäquaten Trockenlegung die Kavität während des Restaurationsvorganges mit Speichel benetzt werden. Bei der regelmäßigen Wartung von Winkelstücken können diese „überölt“ werden. Dadurch kann es zu einem Austritt von Öl während der Präparation kommen, welches dann unbemerkt auf den beschliffenen Zahnflächen haftet. Diese beiden Zwischenfälle können den adhäsiven Verbund beeinträchtigen beziehungsweise verhindern.

In dieser In-vitro-Studie sollten zum einen zwei verschiedene Dentinadhäsivsysteme und Kompositmaterialien miteinander verglichen werden, zum anderen sollte der Einfluss einer Kontamination der fertig präparierten Kavitäten mit Speichel oder einem Öl/Wassergemisch während des Ätz- und Adhäsivvorganges auf den Randschluß evaluiert werden.

---

## **2 Material und Methoden**

Das Abdichtungsvermögen zweier verschiedener Adhäsivsysteme und Füllungsmaterialien wurde unter Einfluss von Speichel beziehungsweise einem Öl-Wassergemisch an insgesamt 120 mittelgroßen Klasse II-Kavitäten mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskopes untersucht.

### **2.1 Herstellung der Testfüllungen**

#### **2.1.1 Vorbereitung der Testzähne**

60 gesunde, aus kieferorthopädischen Gründen extrahierte, kariesfreie menschliche Molaren mit fast beziehungsweise ganz abgeschlossenem Wurzelwachstum wurden zur Untersuchung herangezogen. Die Zähne wurden sofort nach der Extraktion in mit 1%iger Clorinalösung (ChloraminT-Lösung, Tasychloramid-Natrium-Trihydrat 1,0) gefüllten, fest verschlossenen Plastikbehältern gelagert. Die Zahnwurzeln wurden mittels eines Scalers und einem rotierenden Bürstchen mit Kunststoffborsten gereinigt. Die Höcker der Zahnkronen wurden mit einer Trennscheibe (Universal-Trennschleifmaschine, Woco 50/med, Fa. Conrad) bis auf Randleistenniveau reduziert. Danach wurden die Molaren zufällig in 12 Gruppen mit je 5 Zähnen aufgeteilt und bis zur Präparation in physiologischer Kochsalzlösung (0,9% isotonische Kochsalzlösung, Fa. Fresenius AG) aufbewahrt.

#### **2.1.2 Kavitätenpräparation**

Bei jedem der 60 Molaren wurden approximal zwei kastenförmige Grundpräparationen präpariert. Die Präparation wurde mit einem zylindrischen Diamanten 80 µm mittlerer Korngröße (ISO Nr. 806 314 157524 012, Fa. Komet) in einem spraygekühlten Rotringwinkelstück (Schnellaufwinkelstück CN mit

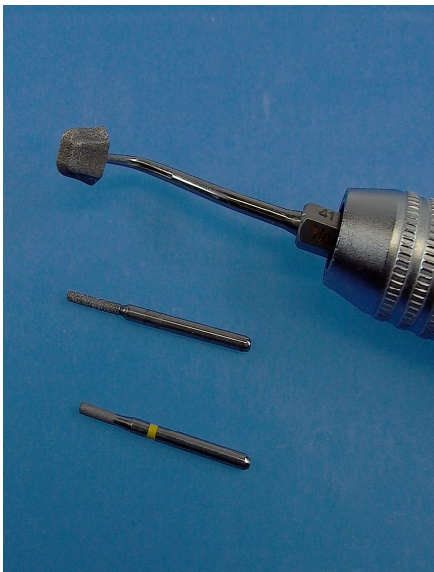
Wasserkühlung, M 261552) bei einer Drehzahl von ca.  $100000 \text{ min}^{-1}$  durchgeführt (Abb.1, 2). Exakte Präparationskavitäten und definitive Formgebung inklusive Anschrägung der lateralen Schmelzränder wurden mittels Sonicsys approx Präparationsspitze (Nr.40, Nr.41, Gr.4, Fa. KaVo) im Sonicflex-Airscaler 2000 N (Fa. KaVo) unter ständiger Wasserspraykühlung hergestellt. Dadurch sollten bei allen 120 Proben möglichst konstante Füllungsvolumina gewährleistet werden (Abb.1, 3). Die Sonicsys approx Präparationsspitze wurde hochfrequent oszillierend in die rotierend vorpräparierte Kavität eingesenkt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Instrumentenkanten minimal außerhalb des Zahnschmelzes positioniert wurden, um eine defektfreie, kontinuierliche Randabschrägung zu garantieren. Die Klasse II-Kavitäten wurden so präpariert, daß der zervikale Kavitätenrand ca. 1mm unterhalb der Schmelz-Zementgrenze im Wurzeldentin und die lateralen Präparationsränder nur im Zahnschmelz zu liegen kamen.

Als Kavitätdesign erhielt man durch die speziell geformte Geometrie der Sonicsys approx Präparationsspitze eine Negativform des Instrumentes im Approximalbereich des Zahnes.

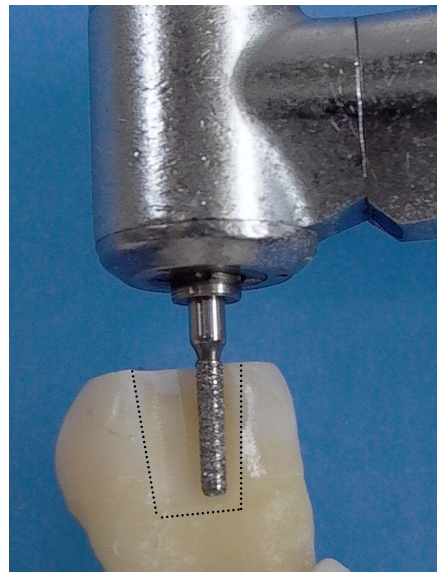
Die Ausdehnung der Kavitäten in bukkal-lingualer Richtung betrug cirka 4,5 mm, die apikal-zervikale Distanz cirka 6 mm. Zur pulpalen Wand bestand ein Abstand von ungefähr 2 mm.

Der Kastenboden der Kavitäten wurde anschließend mit einem zylindrischen Diamantfinierer extrafeiner Körnung (mittlere Korngröße  $15 \mu\text{m}$ , ISO Nr. 806 314 156504 012, Fa. Komet) im wassergekühlten Schnellaufwinkelstück geglättet aber nicht angeschrägt (Abb. 1, 4).

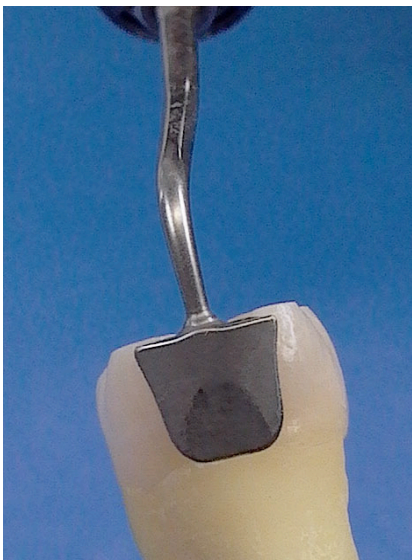
Die präparierten Zähne wurden bis zum Legen der Füllungen in physiologischer Kochsalzlösung (0.9% NaCl, Fa. Fresenius AG) aufbewahrt.



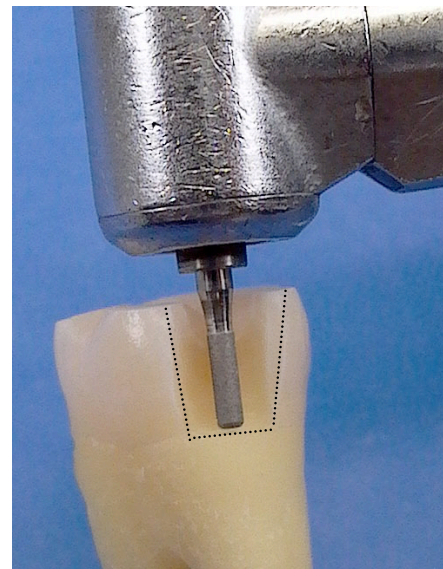
**Abb. 1** Von oben nach unten:  
 - SonicSys approx Präparations-  
 spitze Nr.41  
 - Grobkörniger, zylindrischer  
 Diamantschleifer  
 - Zylindrischer Diamantfinierer



**Abb.2** Rotierende Vorpräparation  
 mit zylindrischem Diamantschleifer.



**Abb. 3** Die SonicSys approx Spitze  
 überträgt durch oszillierende Bewegung  
 seine geometrische Form auf den Zahn.



**Abb. 4** Tieferlegen des Kavitäten-  
 bodens mit dem Finierdiamanten

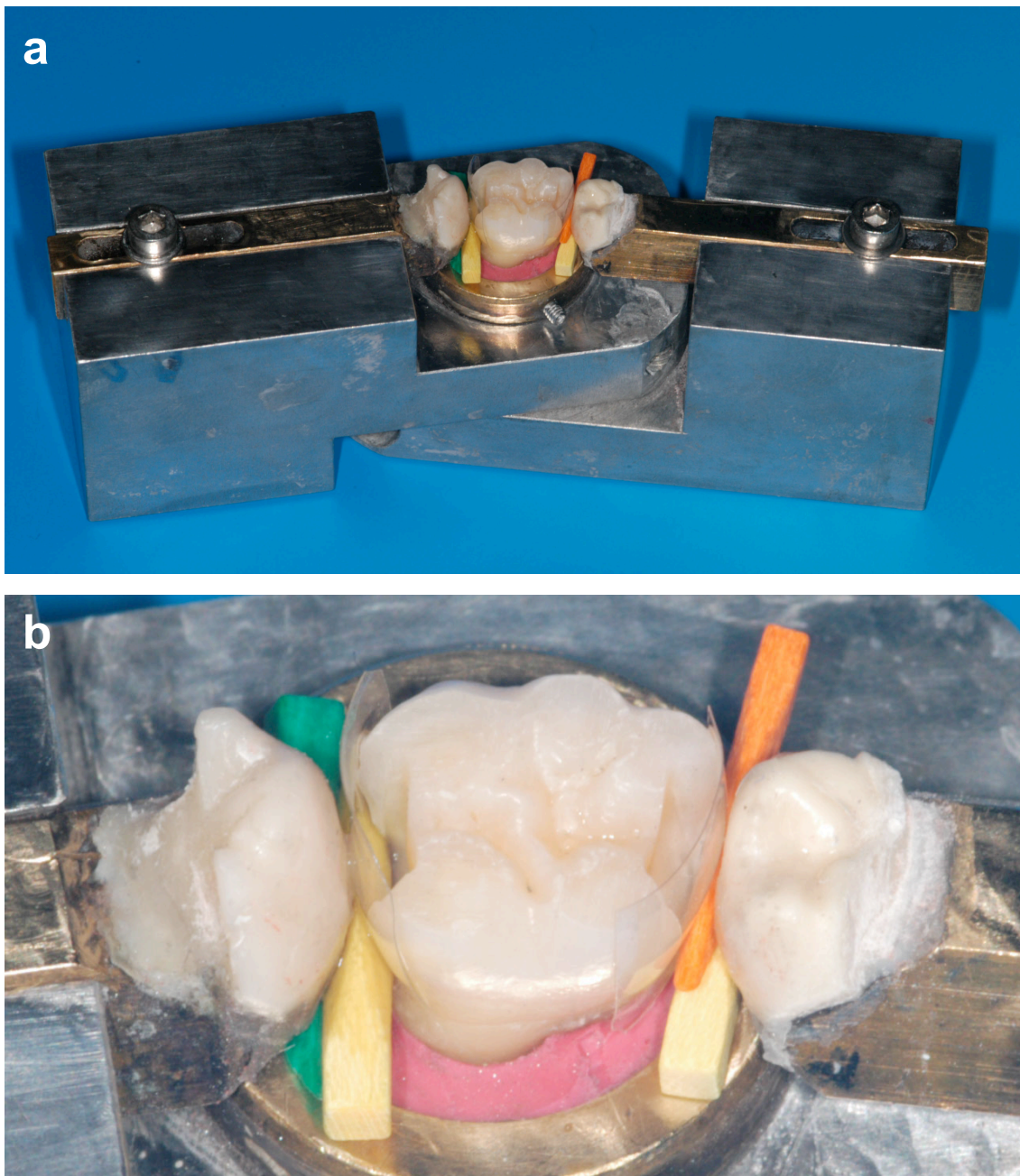
Abb.1 bis 4: Kavitätenpräparation mit Präparationsansätzen



### 2.1.3 Fixieren der Zähne in einer künstlichen Zahnreihe

Um für jeden Testzahn gleiche und praxisnahe Bedingungen beim Füllen der Klasse II-Kavitäten zu schaffen, wurden die fertig präparierten Molaren nach und nach einzeln in einer eigens dafür konzipierten Probenvorrichtung (Abb. 5a, 5b), positioniert. Der zu füllende Molar wurde in der Mitte der Vorrichtung mit Hilfe von Knet (Fa. Elite, Kaufhof AG) in einer Messinghülse so fixiert, dass er in aufrechter Position, vergleichbar mit der vertikalen Zahnachsenstellung im natürlichen menschlichen Gebiss, befestigt war. Das Material Knet wurde vor Verwendung gekühlt (+5 °C) gelagert. Als „künstlicher Zahnhalteapparat“ erfüllte das Material Knet® wichtige Voraussetzungen für die anschließenden Füllungsmaßnahmen der Kavitäten, da es Retention für den Molaren, aber keinen ganz starren Halt bot. Dies ist ein wichtiges Kriterium für das spätere Applizieren der Interdentalkeile bei der Matrizenadaptation. Zusätzlich konnte wegen der Materialeigenschaften von Knet der Testzahn sofort problemlos aus dem Messingzylinder entfernt und mit dem nächsten Zahn bestückt werden. Zu beiden Seiten der Messinghülse ließen sich zwei Metallschlitten mit jeweils einer aufgeklebten Kunststoffmolarenkrone (Unterkiefer-Frasacozahn, Fa. Frasaco) in zentraler Richtung zum Probezahn verschieben. Mit Hilfe der beiden Frasacozähne konnte ein approximaler Kontakt zum Versuchszahn hergestellt und durch zwei Schrauben im Bereich der Metallschlitten in definierter Position fixiert werden.

### Künstliche Zahnreihe



**Abb. 5 a und b** Darstellung der Probenvorrichtung: Gesamtansicht (a) und Detailaufnahme der Kavitätenpräparation mit adaptierten Kunststoffmatrizen vor Legen der Kompositfüllungen (b).

#### **2.1.4 Vorbehandlung der Klasse-II- Kavitäten**

Nach Fixieren der Probezähne in der künstlichen Zahnreihe wurden die Kavitäten mit Wasser abgesprayed, getrocknet und anschließend mit einem Tubulicid® getränkten Schaumstoffpellet gereinigt. (Tubulicid improved blau, Fa. Dental Therapeutics AB). Anschließend wurde approximal zum Abdichten der Kavitäten und zum Schutz des Nachbarzahnes eine vorgeformte Transparentmatrize (Contact Molar Bands, Fa. Vivadent) an den Molaren gelegt und mit einem Matrizenspannersystem (Super Mat-Matrizenhalter, Fa. Hawe-Neos) in Kombination mit zervikal fixierten Holzkeilchen (Ahorn Interdentalkeile, Fa. Hawe-Neos) adaptiert.

#### **2.1.5 Schmelz-Dentin-Konditionierung**

Bei allen 120 Kavitäten wurde die „Total Etch - Technik“ angewandt. Dabei wurde das Ätzgel mit einer feinen Spritzkanüle zuerst auf die lateralen und okklusalen Schmelzränder für 15 s und dann für weitere 15 s zusätzlich auf das Dentin appliziert. Anschließend wurde das Ätzgel vorsichtig von der Kavitätenoberfläche 30 s lang mit Wasser abgesprayed und mit einem Luftbläser in Kombination mit einem Speichelzieher achtsam 15 s getrocknet, ohne dabei das Dentin auszutrocknen. Dadurch erhielt man eine Konditionierung des Schmelzes für insgesamt 30 s, für das Dentin hingegen nur 15 s. Um das entstandene Ätzrelief nicht zu beschädigen, wurde sorgfältig darauf geachtet, dass kein Instrument Kontakt mit der konditionierten Oberfläche bekam. Als Zeichen einer erfolgreichen Konditionierung konnte man nach der Trocknung mit „freiem Auge“ die geätzten Zahnflächen als weißlich-matte Areale erkennen.

Es wurden zwei unterschiedliche Ätzelgels angewandt.

Für die Proben 1 bis 60 wurde ein 36% Phosphorsäuregel (Conditioner 36, Etching Gel, De Trey, Fa. Dentsply), für die Proben 61 bis 120 ein 32% Phosphorsäuregel (ESPE Minitip, Fa. Espe) verwendet.

### **2.1.6 Verwendete Schmelz-Dentin-Adhäsivsysteme**

Es kamen zwei verschiedene Haftvermittlersysteme im Rahmen der „Total Bonding-Technik“ nach Herstellerangaben zum Einsatz.

Für die Proben eins bis 60 wurde der Primer (OptiBond™ FL Primer #1, Fa. Kerr, CA-Glendora, USA) und das Bonding (OptiBond™ FL Adhäsiv #2, Fa. Kerr, CA-Glendora, USA) angewandt (siehe Tabelle 1) .

Für die Kavitäten 61 bis 120 wurde der Primer (EBS<sup>R</sup> Primer, Fa. ESPE) und das Adhäsiv (EBS<sup>R</sup> Bond, Fa. ESPE) benützt (siehe Tabelle 2).

Adhäsivsystem	Anwendung	Inhaltstoffe
<b>Optibond™FL Primer</b> (Flasche#1)	Mit Kerr-Einmalapplikator gleichmäßig auf Schmelz und Dentinoberfläche bringen (15 - 30 s einwirken lassen) und sanft verblasen.	30% HEMA 10% Glycerolphosphatdimethacrylat 22% Ethanol/ Wasser 15% Phtalsäuremethacrylat
<b>Optibond™FL Bond</b> (Flasche#2)	Vorsichtig mit Kerr-Applikatortip auf Schmelz und Dentin in dünner Schicht verteilen, 30 s lichthärten.	35% Poly-EGDMA 5% Glutaraldehyd 19% HEMA 60% Wasser

**Tabelle 1:** Anwendung und Inhaltsstoffe des Adhäsivsystems: OptiBond™ FL

Adhäsivsystem	Anwendung	Inhaltstoffe
<b>EBS<sup>R</sup>-Primer</b>	20 s mit grauem Einmalapplikator auf die gesamte Kavitätenoberfläche auftragen und mit sanftem Luftstrom trocknen. Die Dentinoberfläche erhält einen leichten Glanz.	HEMA Wasser Magnesium-HEMA-Ester Initiatoren Stabilisatoren
<b>EBS<sup>R</sup>-Bond</b>	Vorsichtig mit blauem Applikator 20 s auf Schmelz und Dentin in dünner Schicht verteilen, 30 s lichthärten.	Dimethacrylate Malonsäureester HEMA Initiatoren Stabilisatoren

**Tabelle 2:** Anwendung und Inhaltsstoffe des Adhäsivsystems: EBS<sup>R</sup>

### 2.1.7 Verwendete Restaurationssysteme

Komposit / Adhäsiv	Gruppe	Probe	Hersteller	Ch.-B.
<b>Herculite XR V™</b> / <b>OptiBond FL</b> Primer Bond	1 - 6	1 - 60	Kerr	23046  608229 609399
<b>Pertac<sup>R</sup> II</b> / <b>EBS<sup>R</sup></b> Primer Bond	7 - 12	61 - 120	ESPE	04120  742200 742201

**Tabelle 3:** Übersicht der Proben mit den zugehörigen Restaurationssystemen eingeteilt in Gruppen.

### 2.1.8 Herstellung der Kompositfüllungen

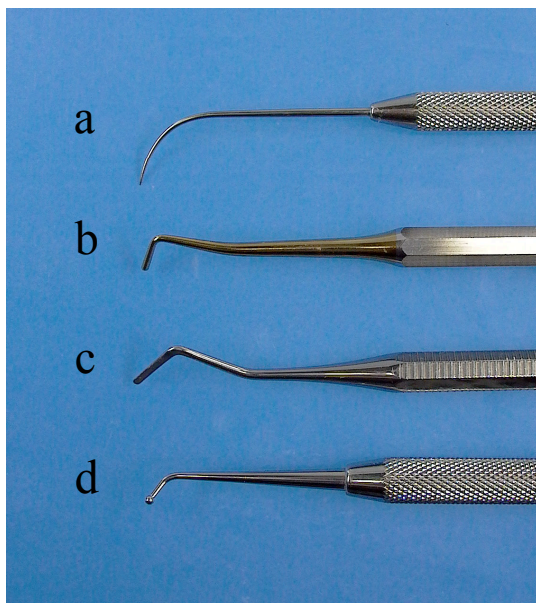
Nach erfolgtem Einbau der Zähne in die Probenvorrichtung, Anlegen einer Matrize, Konditionierung und Applikation des Adhäsivs, mit oder ohne Kontamination durch Speichel beziehungsweise einem Öl-Wassergemisch, wurden die Kavitäten immer in gleicher Weise gefüllt.

Die Komposite Herculite XR V™ und Pertac<sup>®</sup> II wurden jeweils in drei aufeinanderfolgenden horizontalen Schichten in die approximale Kavität eingebracht.

Es wurde sorgfältig darauf geachtet, daß jede einzelne Kompositschicht nicht mehr als 2 mm betrug. Jede Schicht wurde für 40 s von okklusal lichtpolymerisiert. Die verwendete Lichtpolymerisationslampe (Spectrum™ Curing Light, Lichtstärke: 690-705, Fa. De Trey Dentsply) wurde regelmäßig auf ausreichende Lichtintensität mit dem Curing Radiometer Modell 100 (Fa. Demetron, Danbury, USA) überprüft und musste eine Mindestleistung von

450 mW/cm<sup>2</sup> bei der Emission erbringen. Bei der Lichtpolymerisation wurde der Lichtleiter langsam mit einer anfänglichen Distanz von cirka 2 cm zur Kavitätenoberfläche auf die Kompositenschicht hinbewegt, ohne aber einen direkten Kontakt zur Zahnfläche zu bekommen.

Die zervikale Schicht wurde mit Hilfe eines Heidemannspatels (Nr.1054/158, Fa. Karl Martin) und mit einem kleinen Kugelstopfer (BB26/27, Fa. Hu Friedy, USA) unter tupfenden Bewegungen am Kavitätenboden adaptiert, mit einem grazilen Planstopfer (Nr.15, Fa. Emil Huber) geebnet und lichtpolymerisiert. Ein dünner Saum Kompositmaterial wurde als zweite Schicht vorsichtig mit der konvexen Seite einer 3A-Sonde an die seitlichen Kavitätenrändern appliziert, um einen dichten Randschluss der Füllung im Bereich der Randanschragung zu erhalten (Abb. 7).



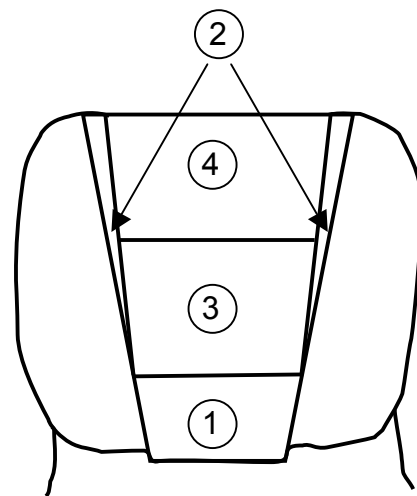
**Abb.6** Füllungsinstrumente in der Übersicht

a→ 3-A Sonde

b→ graziler Planstopfer

c→ Heidemannspatel 1054/158

d→ Kugelstopfer BB26/27



**Abb. 7** Schematische Darstellung der Komposit-Schichtungstechnik. Auftragen der zervikalen Schicht (1), der vertikalen Schicht im Bereich der Randanschragung (2) sowie der mittleren (3) und der okklusalen (4) Kompositenschicht. (Zahn mit Kavität von approximal betrachtet).

---

In gleicher Weise wurden die mittlere und oberste Schicht in die Kavität gebracht und einzeln lichtgehärtet (Abb. 7). Nach Entfernung der Interdentalkeile wurde die Kompositfüllung zusätzlich approximal für jeweils 20 s sowohl von bukkaler als auch lingualer Richtung lichtgehärtet.

### **2.1.9 Versuchsaufbau im Überblick**

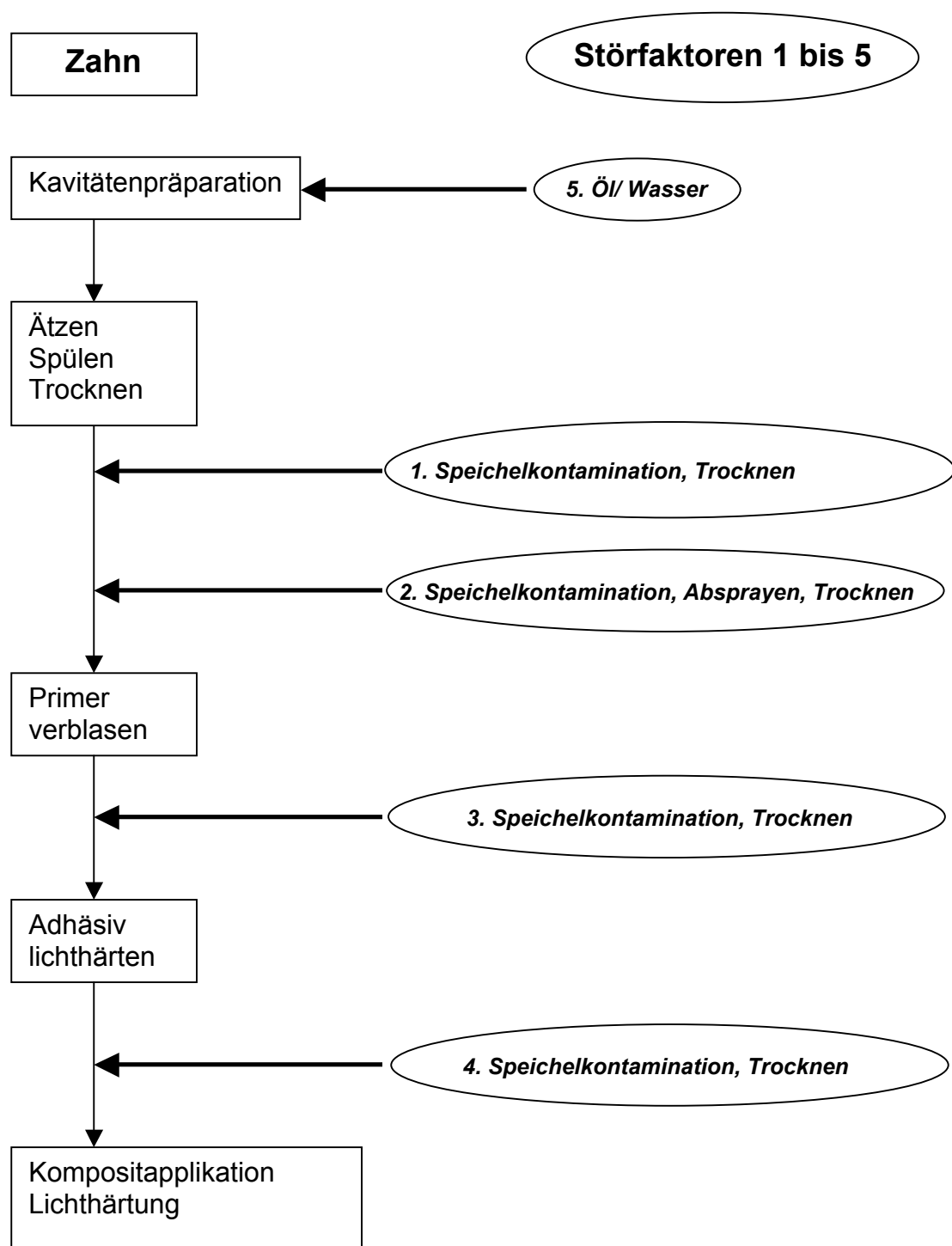
Die 60 Molaren mit jeweils zwei Kavitäten stellten 120 Proben dar. Es wurden zwei Hauptgruppen A und B mit jeweils 60 Kavitäten gebildet.

Die Hauptgruppen A und B unterschieden sich nur durch die eingesetzten Materialien: Ätzelgel, Haftvermittler und Komposit. Der Versuchsablauf und die Durchführung war bei beiden identisch.

Gruppe A und Gruppe B wurden in je sechs Untergruppen (A1-A6, B7-B12) mit je zehn Kavitäten unterteilt. Die Subgruppen A1 und B7 stellten die Kontrollgruppen der Versuchsreihen dar, deren Kavitäten nach der oben beschriebenen Weise ohne jegliche Kontamination der Schmelz-Dentinflächen mit Speichel oder Öl gefüllt wurden. Bei den restlichen Untergruppen (A2-A6, B8-B12) wurde die Zahnoberfläche vor beziehungsweise zwischen den Einzelschritten (Konditionierung, Primern, Bonden, Füllen mit Komposit) entweder mit Speichel oder mit einem Öl-Wassergemisch für drei Sekunden kontaminiert (siehe Tabelle 4).

Der Speichel (Eigenspeichel) und das Öl-Wassergemisch (Fa. Kavo) wurden mit kleinen Einmalapplikatortips (Fa. Kerr) auf Schmelz und Dentin in dünner Schicht aufgetragen. Je nach Versuchsgruppe wurde die kontaminierte Fläche nach drei Sekunden zuerst mit Wasser abgesprayed und mit einem Luftstrom getrocknet, oder nur getrocknet, ohne den Speichel beziehungsweise das Öl-Wassergemisch mit Wasser abzusprayed (Diagramm 1, Tabelle 4), um danach mit dem üblichen Restaurationsprogramm fort zu fahren.





**Diagramm 1:** Schematische Darstellung der untersuchten Störfaktoren durch Kontamination mit Speichel beziehungsweise Öl/ Wasser während der einzelnen Phasen der Restauration mit Komposit.

<b>Gruppe A:</b> verwendete Materialien: <b>Conditioner 36 De Trey, Optibond FL Primer und Bond Herculite XRV™.</b>					
<b>Gruppe B:</b> verwendete Materialien: <b>Ätzgel ESPE Minitip, EBS<sup>R</sup> Primer und Bond, Pertac II .</b>					
A1 Probe 1-10	A2 Probe 11-20	A3 Probe 21-30	A4 Probe 31-40	A5 Probe 41-50	A6 Probe 51-60
B7 Probe 61-70	B8 Probe 71-80	B9 Probe 81-90	B10 Probe 91-100	B11 Probe 101-110	B12 Probe 111-120
1. Ätzen  2. Primer  3. Bond  4. Komposit	1. Ätzen <b>2. Speichel nicht abgesprayed, nur mit Luft getrocknet</b> 3. Primer 4. Bond 5. Komposit	1. Ätzen <b>2. Speichel, weggesprayed und mit Luft getrocknet</b> 3. Primer 4. Bond 5. Komposit	1. Ätzen  2. Primer <b>3. Speichel nur getrocknet, nicht abgesprayed</b> 4. Bond 5. Komposit	1. Ätzen  2. Primer 3. Bond <b>4. Speichel nicht abgesprayed, nur getrocknet</b> 5. Komposit	<b>1. Öl/Wasser nicht abgesprayed, nur getrocknet</b> 2. Ätzen 3. Primer 4. Bond 5. Komposit

**Tabelle 4:** Übersicht des Versuchsaufbaus mit Darstellung des Zeitpunktes der Kontaminationen während des Adhäsiv- beziehungsweise Füllungsvorganges.

## 2.2 Ausarbeitung und Politur der Füllungen

Nach erfolgter Lichtpolymerisation der Kompositfüllungen wurden die Interdentalkeile samt Transparentmatrize vom Zahn entfernt und der Molar zur besseren Übersicht bei der Ausarbeitung aus der Probenvorrichtung entnommen. Aufgrund einer optimalen Matrizentechnik und des Tragens einer Lupenbrille mit 2facher Vergrößerung für die Dauer des gesamten Restaurationsprozesses konnten nur wenige Überschüsse festgestellt werden. Diese Bondingfahnen konnten problemlos mit im Kavo Precontrol-Kopf

fixierten Proxoshape-Feilen (Proxo 2/3, Intensiv) und flexiblen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  belegten Scheiben abnehmender Korngröße (So-flex Pop-on, 3M) im Blauringwinkelstück (Fa. Kavo) unter ständiger Wasserkühlung vom Zahn entfernt werden. Um eine perfekte Politur der Füllungsråder garantieren zu können, wurde jede einzelne Probe mit dem Binokular (Vision Engineering) auf Imperfektionen hin untersucht und gegebenenfalls sofort korrigiert. Die fertig gefüllten und polierten Zahnproben wurden im Anschluss für drei Tage in einer feuchten Kammer (0,9% NaCl, Fa. Fresenius) im Brutschrank (Fa. Memmert, Ing. Karl Frank) bei  $+37^\circ\text{C}$  aufbewahrt.

### **2.2.1 Thermische Wechselbelastung der Proben**

Zur künstlichen Alterung der restaurierten Testzähne wurden diese nach dreitägiger Lagerung im Wärmeschrank einer Temperaturwechselbelastung mit 2500 Zyklen ausgesetzt. Dazu wurden die Zähne wechselweise in zwei Behälter mit unterschiedlich temperiertem Wasser getaucht. Das eine Wasserbad hatte eine Temperatur von  $+5^\circ\text{C}$  (RMT 6, mgw Lauda), das andere von  $+55^\circ\text{C}$  (MWB 1/9, Julalbo). Die Proben verblieben in jedem Tauchbecken immer für 30 Sekunden, die Zeit des Transportes von Becken zu Becken betrug zwei Sekunden. Im Anschluss wurden die Proben in mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllten Kunststoffbehältern eine Woche lang im Wärmeschrank (Fa. Memmert) aufbewahrt.

### **2.2.2 Vorbereitung der Proben für das Rasterelektronenmikroskop**

Von den Zahnproben wurden nach der Zweiphasenabformtechnik Duplikate der Proben aus Kunstharz hergestellt.

Zur Herstellung der Replikas wurden die Testzähne aus der Kochsalzlösung entnommen, mit Tubulizid gereinigt und mit ölfreier Druckluft getrocknet. Mit einer dünnen Applikatorspritze wurde gleichmäßig und blasenfrei ein

additionsvernetzendes Silikonelastomer niedriger Viskosität (President Jet light body, Fa. Coltene) auf die gesamte Approximalfläche der Zähne aufgetragen. Nach sieben Minuten Aushärungszeit konnte ein knetbares Silikonabformmaterial (Provil L, Bayer Dental), fixiert in einer festen Kunststoffkapsel und vergleichbar mit einem Abformungslöffel, als zweite Phase der Abformung mit der Probe in Verbindung gebracht werden. Nach erfolgter Aushärtung des Silikonmaterials konnten die entstandenen dimensionsstabilen Negativformen der Proben mit einem Kunstharzgemisch (Araldit CW 2215, Fa. CIBA Polymers, GB- Duxford, Härter HY 5162, Fa. Gößl & Pfaff) ausgegossen werden.

Nach 24 Stunden Abbindezeit wurden die Kunstharz-Repliken den Silikonformen entnommen und mit einer elektrisch leitfähigen Paste (Leit C nach Gocke, Fa. SEM Gerhard Neubauer) auf REM-Probenträgern (Fa. BAL-TEC EM-Technology and Application) aufgeklebt.

In einer Sputteranlage (SCD 040, Balzers Union) wurden die Epoxymodelle zweifach mit Gold beschichtet und waren somit bereit für die Auswertung mit dem Rasterelektronenmikroskop.

### **2.2.3 Auswertung der Proben mit dem REM**

Im Rasterelektronenmikroskop (DSM 940, Fa. Zeiss) wurden die nummerierten Repliken bei 100 – 1000facher Vergrößerung untersucht und bewertet. Bei der Beurteilung und Vermessung der „Randqualitäten“ mit dem REM war nicht bekannt, um welche Probe es sich handelte. Bei der Bewertung des gesamten Füllungsrandes wurde zwischen den lateralen Füllungsändern im Zahnschmelz und den zervikalen Restaurationsgrenzen im Dentin unterschieden.

Dabei wurden die Füllungsänder vermessen und quantitativ mit einem Computerprogramm (Quanticap-Software, Fa. Küppers) erfasst.

Die Randqualitäten wurden nach bestimmten Kriterien eingeteilt:

- A: „perfekter Füllungsrand“
- B: „kleine Imperfektionen im Füllungsrandbereich“
- C: „Randspalt zwischen Zahn und Füllung“
- D: „Füllungsüberschuss“
- E: „Füllungsunterschuss“
- F: „Schmelzrandfraktur“
- G: „Kompositrandfraktur“

Die nach den oben bestimmten Randkriterien vermessenen Einzelstrecken wurden vom Programm addiert und der prozentuale Anteil an der Gesamtlänge des Restaurationsrandes berechnet. Bei Unschlüssigkeiten bezüglich der Beurteilung der Randmorphologie wurde jeweils das „schlechtere Kriterium“ herangezogen.

### 2.3 Statistische Auswertung

Für jede Versuchsgruppe wurden  $n = 10$  Proben hergestellt und untersucht. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Versuchsgruppen wurden auf statistische Signifikanz überprüft und mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests und Bonferoni-Korrektur ausgewertet. Als Signifikanzniveau wurde  $p < 0,05$  festgelegt. A priori wurden folgende Einzelvergleiche ausgewählt:

Für jedes einzelne Komposit wurde jede Kontaminationsbedingung mit der entsprechenden Kontrollgruppe (ohne Kontamination mit Speichel oder Öl) verglichen.

Außerdem wurden die zwei Komposite (Herculite XRV, Pertac II) für jede Kontaminationsbedingung separat verglichen.

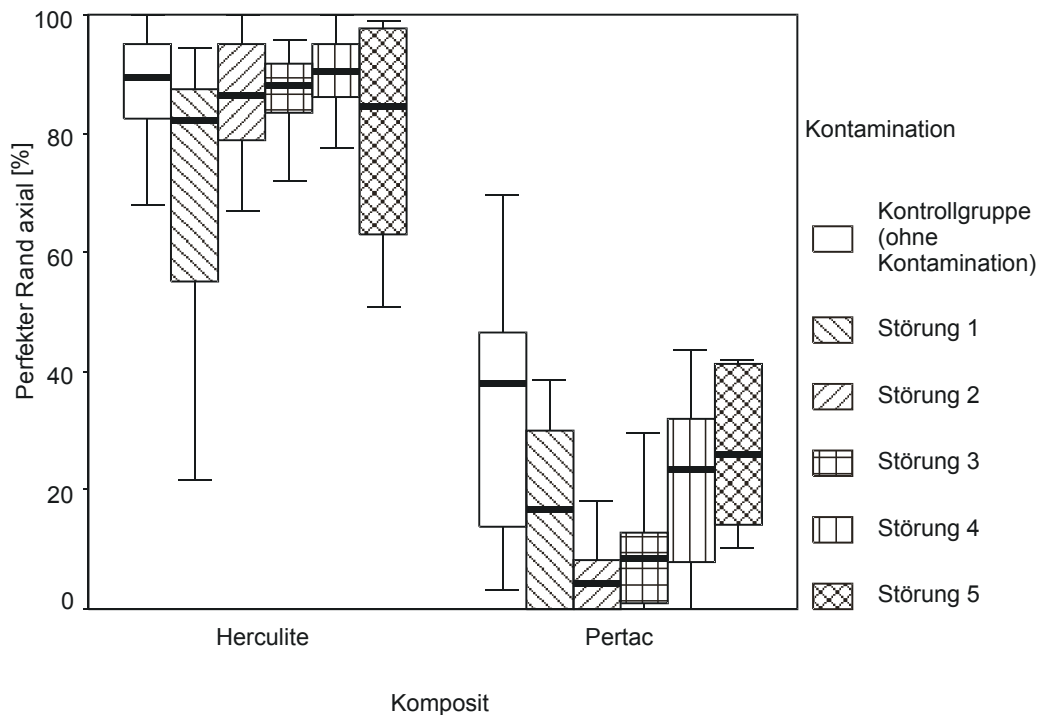
### **3 Ergebnisse**

Um möglichst praxisrelevante Ergebnisse zu erzielen, wurden die mit Komposit gefüllten Zähne nach Wasserlagerung einer Temperaturwechselbelastung ausgesetzt. Dies sollte eine ungefähre Tragedauer von fünf Jahren im Mund des Patienten simulieren. Mit Hilfe der quantitativen REM-Randanalyse wurden alle Proben nach Thermocycling überprüft und nur die Resultate daraus berücksichtigt. Als Beurteilungskriterien wurden jeweils der prozentuale Anteil an Imperfektionen und Spalten im Füllungsrandbereich von lateralen Schmelz- und zervikalen Dentinbereichen gegenüber perfekten, kontinuierlichen Füllungsändern herangezogen (Ergebnisse in Abschnitten 3.1, 3.2 und 3.3). Der prozentuale Anteil an Komposit- beziehungsweise Schmelzrandfrakturen, Füllungsüberschuss und Füllungsunterschuss war so verschwindend gering, dass er nicht in den Ergebnisteil aufgenommen wurde. Möglicherweise wurde durch eine Kontamination mit Speichel beziehungsweise Öl die Polymerisationsspannung des Komposites soweit herabgesetzt, dass dadurch das Frakturrisiko im Füllungsrandbereich minimiert wurde.

#### **3.1 Einfluss einer Kontamination auf die Randqualität im Schmelz**

##### **3.1.1 Perfekte Füllungsänder im Schmelz**

In den Abb. 8 und 9 wird der Anteil an „perfekten Füllungsändern“ im Schmelz an den axialen Kavitätenändern aufgezeigt. Die graphischen Darstellungen zeigen die Ergebnisse der Versuche nach Thermocycling. In jeder Abbildung sind die Ergebnisse der Materialien Herculite XRV und Pertac II“ unter verschiedenen Kontaminationsbedingungen (Störung 1 – 5) im Vergleich dargestellt.

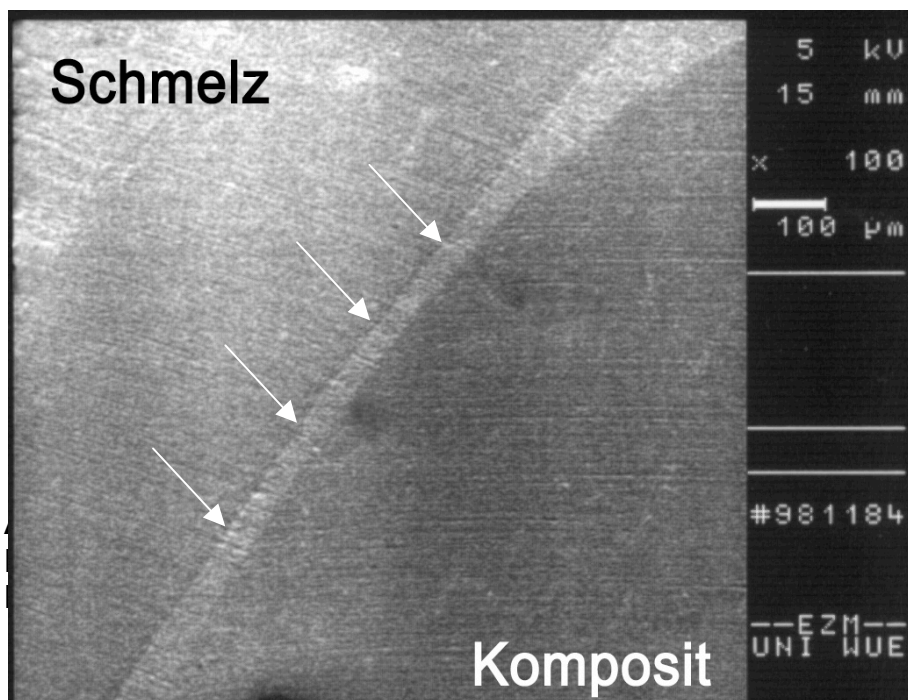


**Abb. 8** Anteil der Randqualitäten „Perfekter Rand“ axial in % der axialen Randlänge. Die oberen und unteren Grenzen der Achse geben das 25% bzw. 75%-Perzentil an. Die Linie in der Box den Median. Die Streubalken zeigen die jeweils niedrigsten und höchsten Werte an. Sind diese um mehr als das 1,5fache des Interquartilbereiches kleiner als das 25%Perzentil oder um mehr als das 1,5fache des Interquartilbereiches größer als das 75%Perzentil, werden sie durch Sterne (siehe auch Abb. 10 – 19) dargestellt.

In Abbildung 8 lässt sich ein deutlicher Unterschied im Anteil an kontinuierlichen Füllungsrandern im lateralen Zahnschmelz beim Vergleich der Materialien Herculite XRV und Pertac II sowohl mit als auch ohne Störung feststellen. Die Kontrollgruppe (ohne Kontamination) der Kompositfüllungen mit Herculite XRV ergab im Schnitt einen Anteil von 89,47% perfekten Füllungsrandern. Demgegenüber lag der prozentuale Anteil der „Perfekten Füllungsrandern“ der Kontrollgruppe von Pertac II bei 37,90%.

Bei Restaurationen mit Herculite XRV ließen sich 82,25% kontinuierliche Füllungsrandern unter Störung 1 (Speichel, Trocknung) feststellen, bei Pertac II hingegen nur 16,84%. Der Anteil perfekter Füllungsrandern von Restaurationen

mit Herculite XRV unter Störung 2 (Speichel, Absprachen, Trocknen) lag bei 86,43%, mit Pertac II hingegen bei nur 4,24%. Perfekte Ränder wurden trotz Störung 3 (Speichel nach Primer) bei Herculite XRV zu 88,04% gemessen, bei den Proben mit Pertac II zu 8,66%. Eine Kontamination der gebondeten Schmelzflächen mit Speichel (Störung 4) ergab bei Herculite XRV 90,52% „Perfekte Randbereiche“, bei Pertac II nur 23,39% kontinuierliche Füllungsänder. Bei Kontamination der präparierten Schmelzoberfläche mit einem Öl/ Wassergemisch (Störung 5) konnten bei der Gruppe Herculite XRV 84,40% „Perfekte Füllungsänder“ eruiert werden, bei Pertac II nur 25,95%.



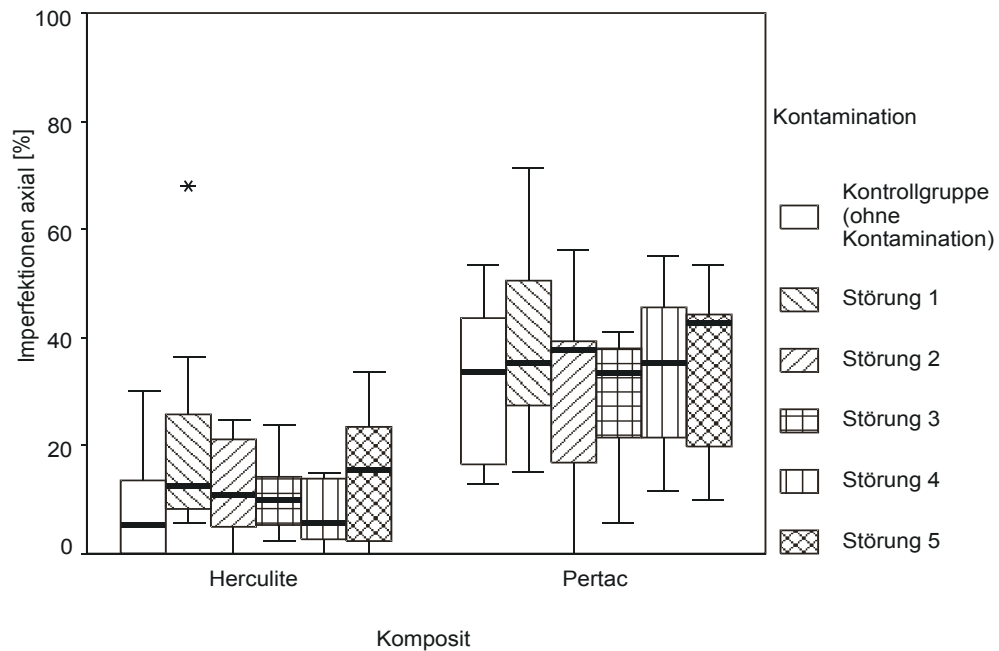
**Abb. 9** REM-Darstellung eines perfekten Füllungsrandes. Die Pfeile markieren den kontinuierlichen Übergang von Schmelz zu Komposit.



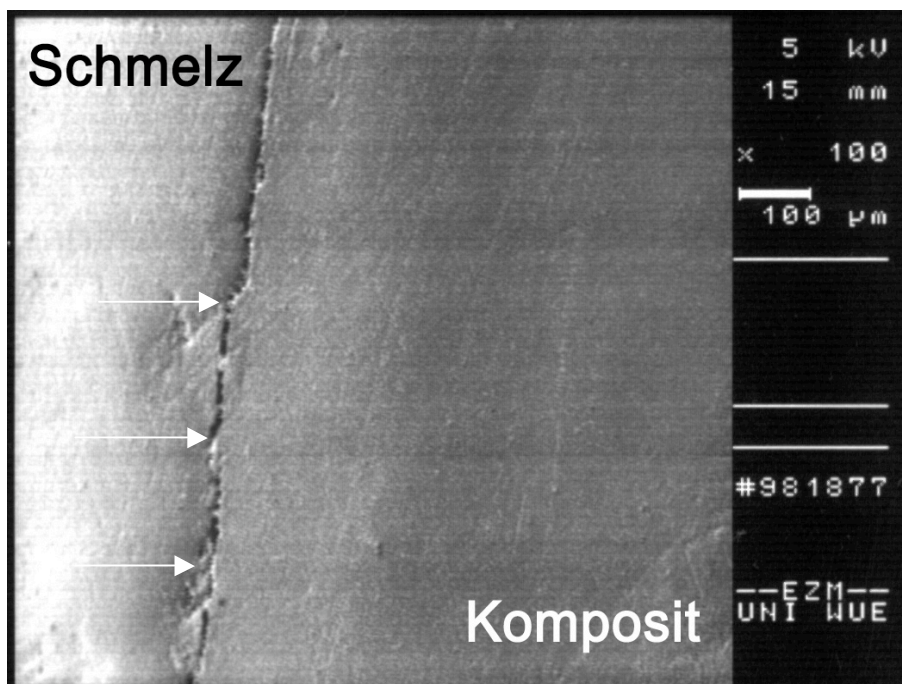
### 3.1.2 Imperfekte Füllungsränder im Schmelz

In Abbildung 10 wird der Unterschied im Anteil an „imperfekten Füllungsrändern“ der Kompositfüllungen im Schmelz mit den Materialien Herculite XRV im Vergleich zu Pertac II unter verschiedenen Kontaminationsbedingungen graphisch gezeigt.

Bei der Untersuchung der Füllungsrandbereiche auf Inkontinuitäten konnten signifikant unterschiedliche Ergebnisse zwischen den Versuchsgruppen mit den Füllungsmaterialien Herculite XRV und Pertac II festgestellt werden (Abb.10). Ohne Kontamination der Schmelzflächen mit Speichel oder Öl gab es bei der Herculite XRV-Gruppe einen Anteil von 5,11% Randimperfectionen bezogen auf die axiale Gesamtlänge der Kavitäten. Die Kontrollgruppe von Pertac II zeigte dagegen einen Anteil von 33,56% imperfekten Füllungsrandbereichen im Zahnschmelz. Störung 2 (Speichel, Absprayen, Trocknen) führte bei Herculite XRV zu 10,37% Randimperfectionen, bei Pertac II zu 37,75%. Eine Speichelkontamination der gepressten Kavität (Störung 3) erbrachte bei Herculite XRV einen Anteil von 9,85% Imperfectionen, bei Pertac II 33,21%. Das Benetzen der „gebondeten“ Schmelzflächen mit Speichel (Störung 4) der Herculite XRV-Versuchsreihe ergab einen sehr ähnlich großen prozentualen Anteil (5,67%) an imperfekten Randbereichen wie die Herculite XRV-Kontrollgruppe (5,11%). Bei der Versuchsreihe Herculite XRV mit Kontaminationsbedingung „Öl/Wasser vor Ätzung des Zahnschmelzes“ ergaben sich 15,59% imperfekte Füllungsrandbereiche. Störung 5 bei Pertac II hingegen brachte einen Anteil an 42,67% imperfekten Füllungsrändern.



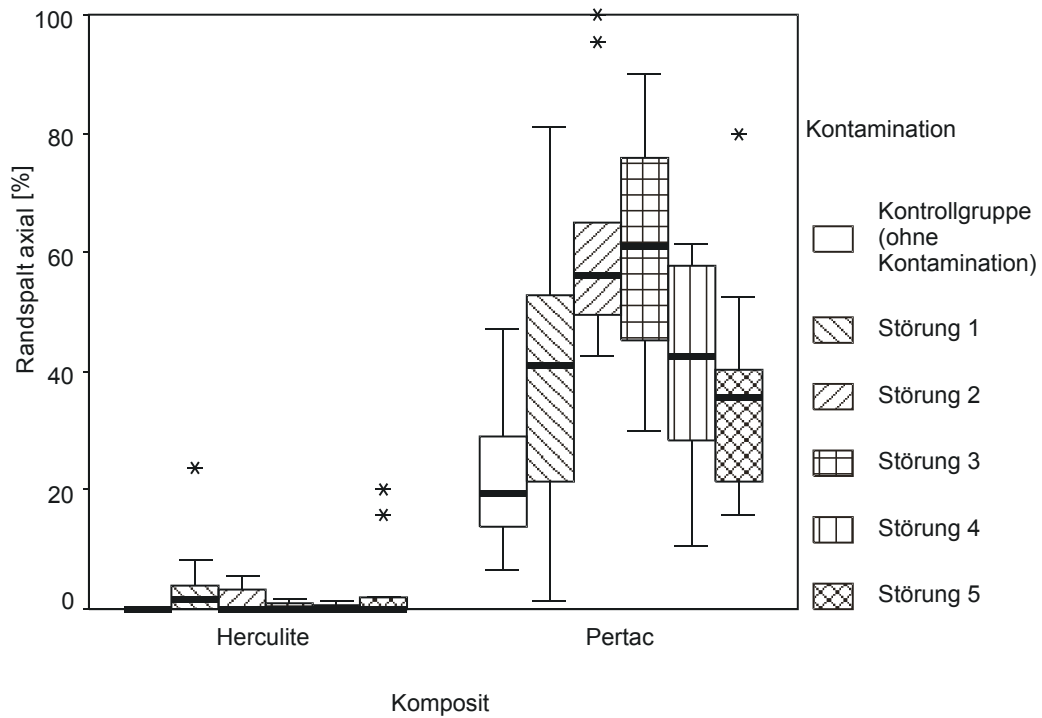
**Abb. 10** Anteil der Randqualität „Imperfekter Rand“ im lateralen Zahnschmelz in Prozent, bezogen auf die laterale, im Schmelz gelegene Füllungsrandlänge.



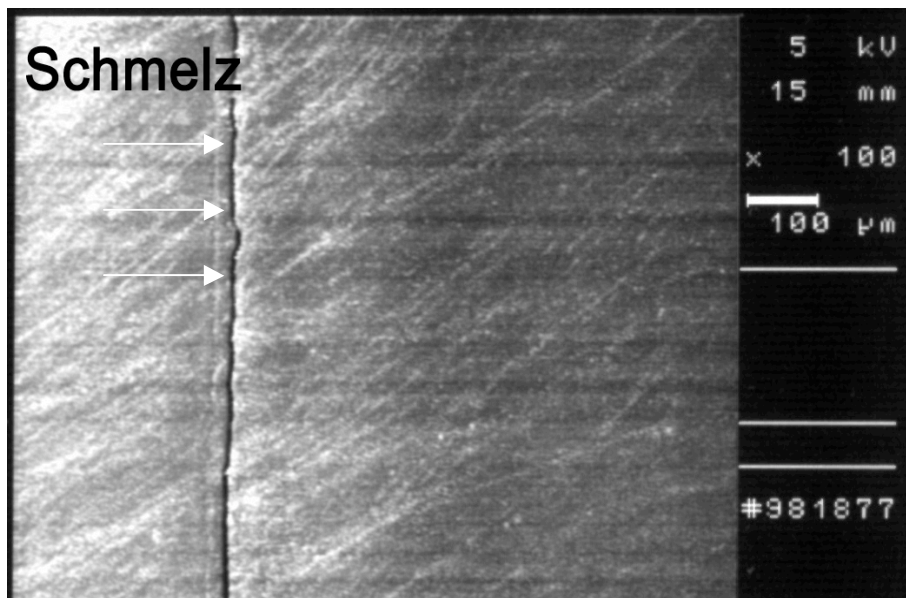
**Abb. 11** REM-Darstellung eines imperfekten Füllungsrandes. Die Pfeile markieren den diskontinuierlichen, porösen Übergang von Schmelz zu Komposit.

### 3.1.3 Randspaltbildung im axialen Zahnschmelz

In Graphik 12 sind die Ergebnisse der Versuchsreihen Herculite XRV im Vergleich zu Pertac II mit und ohne Speichel- beziehungsweise Ölkontamination mit dem Augenmerk auf die Füllungsrandqualität „Randspalt“ dargestellt. Keine Randspaltbildung konnte an den lateralen Schmelzrändern der Kompositfüllungen mit Herculite XRV Kontrollgruppe festgestellt werden (Abb.12). Im Vergleich dazu war der Anteil an Randspalten bei der Kontrollgruppe von Pertac II mit 19,38% signifikant größer. Bei den Herculite XRV-Proben mit „Störung 1“ (Speichel, Trocknen) konnte ein Anteil von 1,66% Spalten an den Füllungsrändern im Zahnschmelz festgestellt werden. Die Ergebnisse der Pertac II-Proben unter „Störung 2“ (Speichelkontamination, Absprayen, Trocknen) mit einem Anteil von 56,27% Randspalten waren signifikant unterschiedlich zur Pertac II-Kontrollgruppe mit 19,38%. Im lateralen Schmelzbereich zeigte das Auftragen von Speichel auf die „geprägten“ Zahnflächen (Störung 3) der Pertac II-Proben eine signifikante Wirkung auf die Entstehung von Randspalten (61,16%). Die Einwirkung eines Öl/Wassergemisches auf den lateralen Zahnschmelz vor der Ätzung ergab einen Anteil von 35,79% Randspalten (Abb.12, Abb.13).



**Abb. 12** Bei der Herculite XRV-Kontrollgruppe wurde bei keiner Probe ein Randspalt im lateralen Schmelzbereich beobachtet. Aus diesem Grund kommt keine Box für die Kontrollgruppe zur Darstellung. Die Kontrollgruppe wird durch einen schwarzen Querstrich gezeigt.

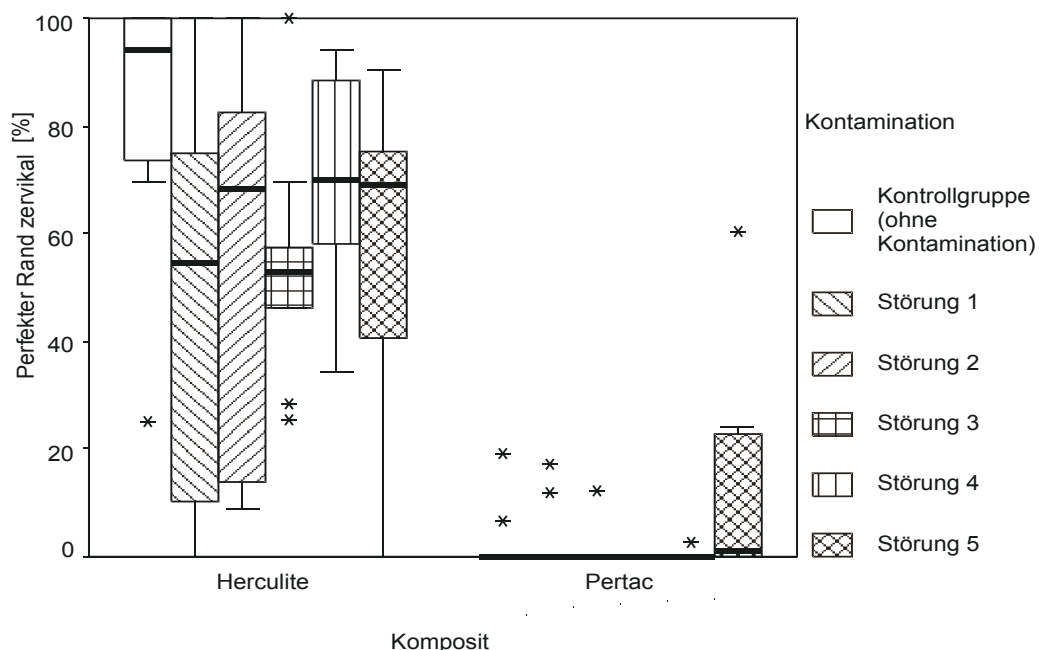


**Abb. 13** REM-Darstellung eines Randspaltes am lateralen Füllungsrandbereich. Die Pfeile markieren die komplette Unterbrechung des Überganges von Schmelz zu Komposit.

### 3.2 Einfluss einer Kontamination auf den Randschluss im Dentin

#### 3.2.1 Perfekte Füllungsränder im Dentin

In der graphischen Abbildung 14 zeigt sich bei der Kontrollgruppe von Herculite XRV (ohne Kontamination) ein prozentualer Anteil perfekter Füllungsränder von 93,91% im Dentin. Bei Kontamination der „geprimten“ Kavität mit Speichel (Störung 3) waren die kontinuierlichen Füllungsränder bei der Versuchsgruppe Herculite XRV mit einem Anteil von 52,66% deutlich reduziert. Der Anteil perfekter Füllungsränder im zervikalen Dentinbereich von Klasse II Füllungen mit Pertac II war sowohl mit als auch ohne Kontamination (Störungen 1-5) minimalst bis gar nicht vorhanden. Lediglich ein Ausreißer konnte bei einer Pertac II-Gruppe (Störung 5) mit einem Anteil von 0,94% perfekten Füllungsrandern im Dentin festgestellt werden.

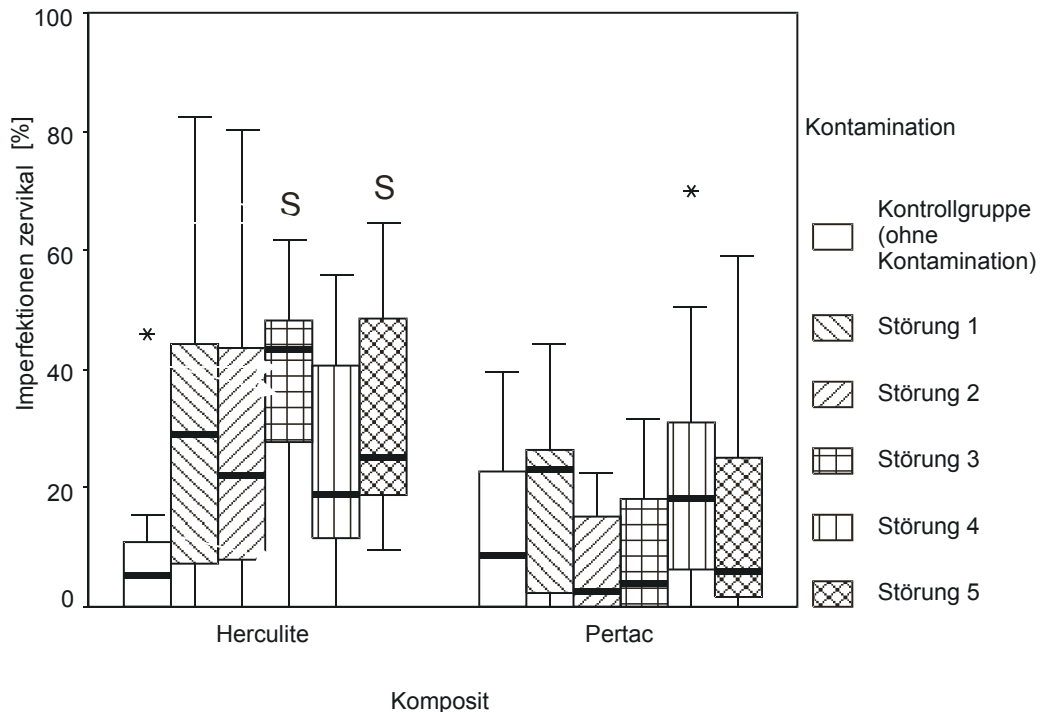


**Abb. 14** Bei den Gruppen 7 - 11 lag das 75% Perzentil noch bei Null, es kommt deshalb keine Box zur Darstellung. In den Kontrollgruppen sowie in allen Gruppen mit Kontamination (Störung 1-5) wies Pertac II einen höheren Anteil an Randimperfectionen auf als Herculite XRV.

### 3.2.2 Imperfekte Randbereiche im Dentin

In der graphischen Darstellung der Abbildung 15 ist ein signifikanter Unterschied der Herculite XRV-Kontrollgruppe zur Herculite XRV-Versuchsreihe mit „Störung 3“ ersichtlich. Die Gruppe Herculite XRV mit Störung 3 hatte einen signifikanten prozentualen Anteil an imperfekten Füllungsrandern von 43,07%, die Kontrollgruppe zeigte dagegen keine imperfekten Randbereiche. Ebenso gab es bei der Herculite XRV-Gruppe der Störung 5 (Öl/Wasserkontamination vor Ätzung) mit einem Anteil von 25,08% Imperfektionen, einen signifikanten Unterschied zur Kontrollgruppe.

Bei den Versuchsreihen mit Pertac II bestand die größte prozentuale Diskrepanz zur Kontrollgruppe (8,43% imperfekte Randabschnitte) bei Störung 1 (Speichelkontamination, Trocknung) mit 23,13% imperfekten Füllungsrandern. Beim Vergleich Herculite XRV mit Pertac II zeigte die Kontrollgruppe von Herculite XRV deutlich weniger Randimperfektionen. Es wurde aber beobachtet, daß beinahe alle Füllungsrandern im Dentin unter den verschiedensten Kontaminationsbedingungen mehr Imperfektionen bei den Versuchsreihen mit Herculite XRV aufwiesen als bei den Gruppen mit Pertac II (Abb. 15).

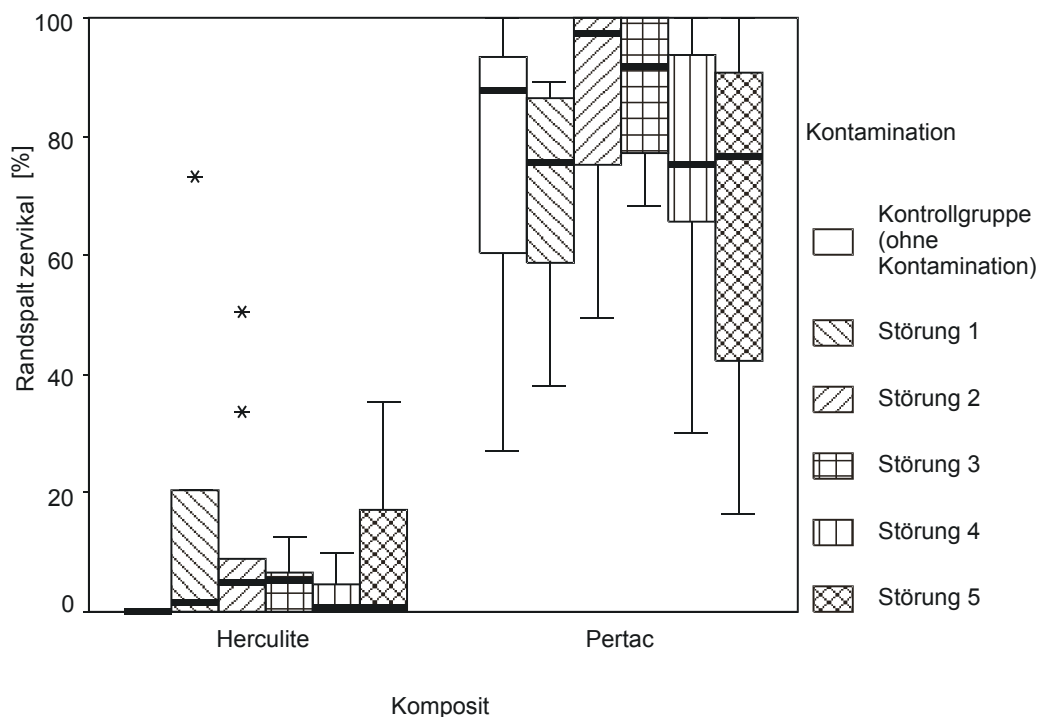


**Abb. 15** Anteil der „imperfekten Füllungsänder“ im zervikalen Dentin in Prozent, bezogen auf die zervikalen Kavitätenränder.  
S..... Signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe

### 3.2.3 Randspaltbildung im zervikalen Dentin

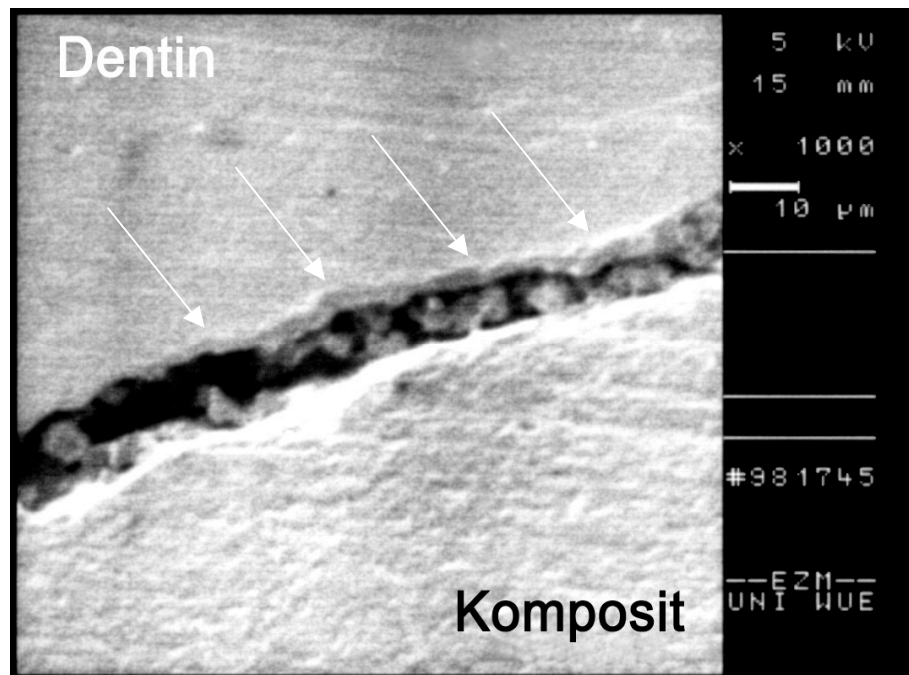
In Abbildung 16 wird der Anteil an Randspaltbildungen der zervikalen Füllungsbereiche von Herculite XRV und Pertac II prozentual zur gesamten Füllungsrandlänge im Dentin gezeigt. Keinerlei Randspalten konnten an den Füllungsändern im Dentin bei der Kontrollgruppe von Herculite XRV nachgewiesen werden. Dagegen zeigte die Pertac II-Kontrollgruppe ein signifikant unterschiedliches Ergebnis mit einem Anteil von 87,73%. Die Gruppe Herculite mit Störung 1 brachte einen Anteil von 1,71% Randspalten, die gleiche Störung bei Pertac II dagegen 75,72%. Bei der Herculite XRV-Versuchsgruppe mit Störung 2 (Speichel, Absprayen, Trocknen) wurde ein Anteil von nur 4,79% Randspalten festgestellt, bei Pertac II hingegen 97,20%.

Der Anteil an Randspalten lag bei der Herculite XRV-Gruppe mit Störung 3 (Speichel auf „geprimter“ Zahnoberfläche) bei nur 5,38%, bei Pertac II dagegen bei 91,74%. Unter dem Einfluss von Störung 4 wurden bei Herculite XRV ein Anteil von 0,61% Randspalten, bei Pertac II 75,11% Spalten gefunden. Eine Öl/Wasser Kontamination des Dentins (Störung 5) brachte bei Herculite XRV einen Anteil von 0,61% Randspalten, bei Pertac II ein signifikant unterschiedliches Ergebnis mit 76,60% kompletten Unterbrechungen des adhäsiven Verbundes (Abb.16, Abb.17).



**Abb. 16** Bei keiner Probe der Herculite XRV-Kontrollgruppe wurde ein Randspalt im Dentinbereich gefunden. Daher kommt keine Box zur Darstellung. Die Box der Herculite XRV-Kontrollgruppe wird zur Markierung durch einen schwarzen Querstrich ersetzt.



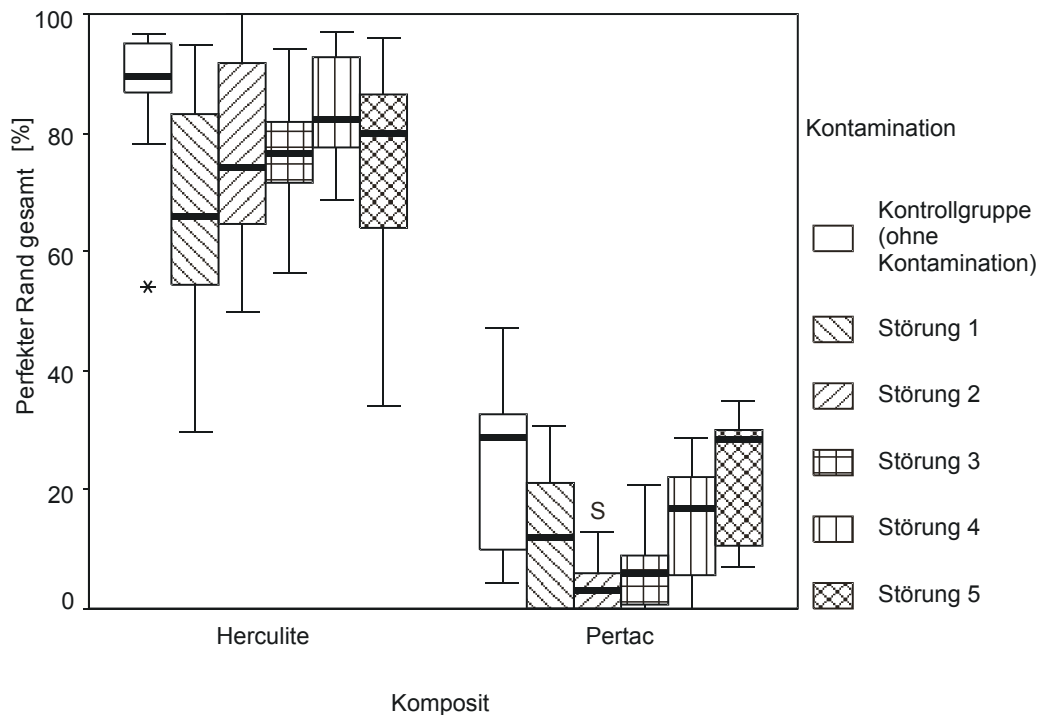


**Abb. 17** REM-Darstellung eines Randspaltes unter tausendfacher Vergrößerung. Die Pfeile markieren die komplette Unterbrechung des Überganges von Dentin zu Komposit im zervikalen Füllungsgebiet.

### 3.3 Füllungsänder im Schmelz und Dentin insgesamt

#### 3.3.1 Perfekte Ränder im Schmelz und Dentin

Wenn man die kontinuierlichen Füllungsrandbereiche im Schmelz und Dentin insgesamt betrachtet (Abbildung 18), zeigt sich bei den Kontrollgruppen ein prozentualer Unterschied von 89,36% bei Herculite XRV zu 28,58% perfekten Füllungsändern bei Pertac II. Mit einem Anteil von 65,84% ununterbrochenen Füllungsändern der Herculite XRV Gruppe bei Störung 1 stellt sich ein deutlicher Unterschied zur Herculite XRV-Kontrollgruppe mit 89,36% dar. Eine prozentual signifikante Abweichung zur Kontrollgruppe von Pertac II mit einem Anteil von 28,58% perfekten Füllungsändern erkennt man bei der Versuchsgruppe mit „Störung 2“ (Speichel, Absprayen, Trocknen) mit einem Anteil von nur 2,93% „dichten“ Füllungsändern.

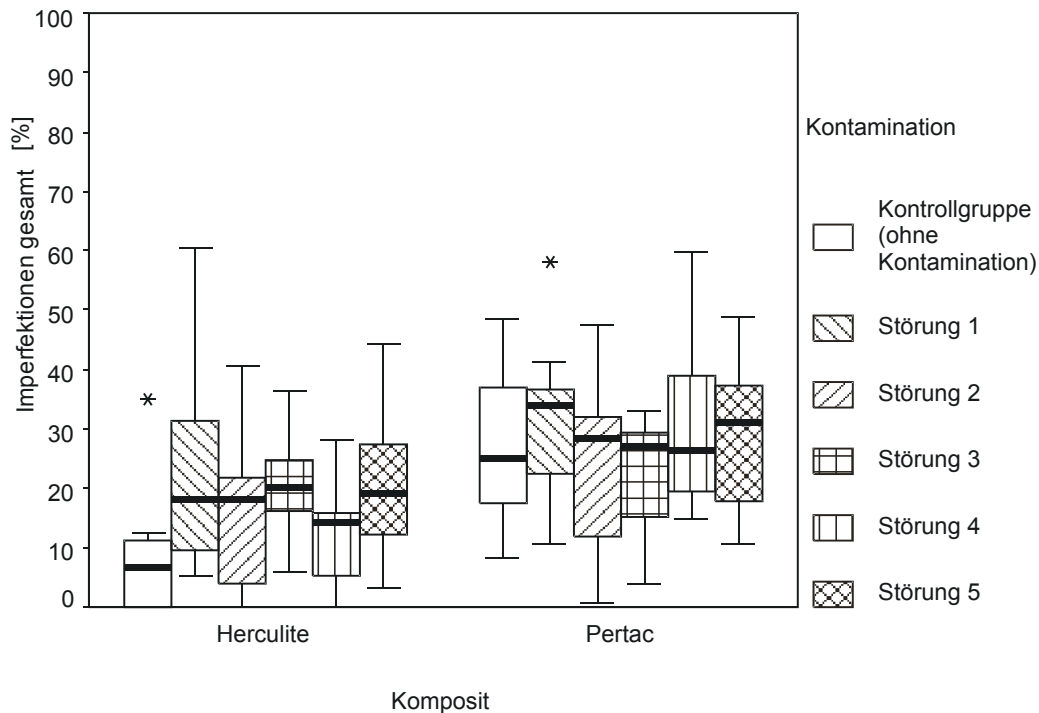


**Abb. 18** Prozentualer Anteil der Randqualität „Perfekter Füllungsrand“ von Schmelz und Dentin bezogen auf die gesamte Füllungsrandlänge. S.....Signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe.

### 3.3.2 Messwerte imperfekter Füllungsråder insgesamt

Bei Betrachtung der Füllungsråder im Zahnschmelz und Dentin insgesamt, erwiesen sich alle Messwerte für den Anteil an „Imperfekten Füllungsrandbereichen“ bei den Versuchsgruppen mit dem Komposit Herculite XRV sowohl mit als auch ohne Speichel- oder Ölkontamination niedriger als bei den Gruppen mit Pertac II (Abb.19). Bei den Pertac II-Proben war unter Kontamination der geätzten Schmelz- und Dentinflächen mit Speichel und anschließender Trocknung (Störung 1) ein signifikant größerer Anteil (33,83%) an imperfekten Füllungsråderen als bei der Pertac II-Kontrollgruppe (25,01%) ersichtlich. Bei der Herculite XRV-Versuchsreihe war der größte Anteil an imperfekten Füllungsråderen (20,03%) im Schmelz- und Dentin bei einer

Kontamination der „geprimten Zahnoberflächen“ mit Speichel (Störung 3) zu finden.



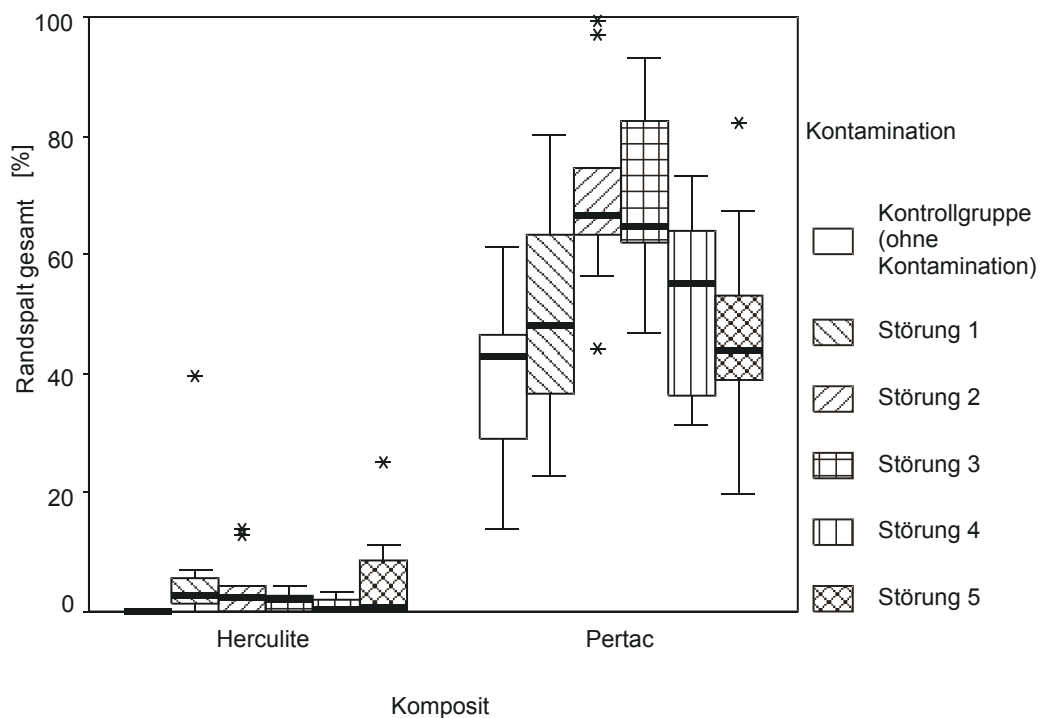
**Abb. 19** Darstellung der prozentualen Anteile an „imperfekten Füllungsrandern“ der Herculite XRV-Proben und Pertac II-Gruppen im Schmelz und Dentin unter den verschiedenen Kontaminationsbedingungen, bezogen auf die gesamten Kavitätenrandlängen.

### 3.3.3 Randspaltbildung an Schmelz- und Dentinrändern insgesamt

Beim Vergleich beider Restaurationssysteme wurden signifikant mehr Randspalten bei Pertac II als bei Herculite XRV gefunden (Abb.20).

Keine Randspalten ließen sich bei den Füllungen der Kontrollgruppe von Herculite XRV im Schmelz und Dentin nachweisen. Im Gegensatz dazu wurde bei der Kontrollgruppe von Pertac II ein Anteil von 42,84% Randspalten, bezogen auf den gesamten Füllungsrand, gemessen. Bei Herculite XRV und Störung 1 lag ein Anteil von 2,71% Randspalten vor, ein signifikanter

Unterschied zur Herculite XRV-Kontrollgruppe. Signifikant unterschiedlich zur Kontrollgruppe von Pertac II war die Randspaltproblematik bei der Pertac II-Gruppe der Störung 2 (Speichel, Spray, Trocknen) mit einem Anteil von 66,82%. Die Pertac II-Gruppe „Speichelkontamination nach Applikation des Primers“ (Störung 3) ergab einen Anteil von 64,80% Randspalten im gesamten Füllungsrandbereich (Abb. 20).



**Abb. 20** Graphische Darstellung der prozentualen Anteile an Randspalten im Zahnschmelz und Dentin, bezogen auf die gesamten Füllungsrandlängen. Bei der Kontrollgruppe (ohne Kontaminationsbedingung) von Herculite XRV wurden keine Randspalten nachgewiesen, daher kommt keine Box, sondern nur ein schwarzer Querstrich zur Darstellung.

---

## 4 Diskussion

Mit dieser In-vitro-Studie sollten die Auswirkungen verschiedener Störfaktoren beim Aufbau eines adhäsiven Verbundes bei der Kompositrestauration evaluiert werden.

### 4.1 Kritik der Methode

#### 4.1.1 „Standardisierte Kavitätengestaltung“

Bei vielen früheren Untersuchungen zur Randqualität von Klasse-II-Kompositfüllungen sind Kavitätenform und -größe kaum standardisiert (*Luescher et. al. 1977*). In aktuelleren Studien werden Kavitätenformen mit genauen Meßgrößen der Dimension und Angabe der verwendeten Präparationsinstrumente beschrieben (*Dietschi & Herzfeld 1998, Haller & Günther 1998*). Standardisierte Kavitätendesigns sind bei Präparation mit rotierenden Präparationsinstrumenten aufgrund leicht möglicher individueller Abweichung nur schwer zu erreichen (*Krejci et.al.1996, Glockner et. al. 1998*). Wenn bei einer Versuchsreihe die Größen der Testkavitäten von Klasse-II-Füllungen, Randwinkel und Abstände zur Schmelz-Zementgrenze unterschiedliche Maße haben, sind Auswirkungen auf die Randqualität zu erwarten (Hugo 1999). Eine Methode zur Herstellung „standardisierter Kavitäten“ ist die Übertragung des Kavitätendesigns mit Kopierschleifeinheiten (*Hofmann et. al. 1998*). Da diese Technik als relativ aufwendig gilt, ist sie wenig verbreitet. Zur Herstellung form- und größenstabiler Klasse-II-Kavitäten wurde in dieser Studie auf die sonoabrasive Präparationstechnik zurückgegriffen. Mit dieser Methode können durch Verwendung einer genormten, oszillierenden Präparationsspitze auf einfache Weise standardisierte Testkavitäten und spätere nahezu volumenkonstante Füllungen hergestellt werden.

## 4.2 Besprechung der Ergebnisse

Bei dieser Studie konnte der Einfluss einer Kontamination mit Speichel oder Öl auf den adhäsiven Verbund von Klasse-II-Füllungen festgestellt werden. Das Auftreten von Porositäten und Randspalten im Füllungsrandbereich infolge der Kontamination mit Speichel wird auch durch andere Studien bestätigt (*Meurmann 1976, Gwinnett 1976, Silverstone 1984*). Eine Erklärung dafür wäre, dass durch das Benetzen der geätzten Zahnoberfläche mit Speichel eine Veränderung der Oberfläche entsteht, welche einen negativen Einfluss auf die Haftmechanismen des Adhäsivsystems hat. Durch eine Aufnahme von Speichelbestandteilen in die Oberfläche von Schmelz und Dentin wird die Oberflächenenergie reduziert (*Buonocore 1971*).

*Evans et. al.*(1981) und *Silverstone et. al.*(1985) untersuchten in einer In-vitro-Studie die Oberfläche von frisch angeätztem Zahnschmelz, welcher unterschiedlich lange mit Speichel kontaminiert wurde. Bei Überprüfung der zeitlich unterschiedlich lang kontaminierten Oberfläche (0,1 s, 0,5 s, 1 s, 5 s, 10 s, 30 s, 60 s) beobachteten sie im Rasterelektronenmikroskop einen klebrigen Film auf der Zahnfläche, welcher die Poren im Schmelz zu verblocken schien. Sie fanden dieses „Verstopfen“ der ursprünglich porösen Oberfläche bei allen Kontaminationszeiten von mehr als einer Sekunde. Wenn die angeätzte Schmelzoberfläche dem Speichel nur 0,5 Sekunden ausgesetzt worden war, fanden sie nach dem Absprayen mit Wasser einen ähnlichen Zustand der Zahnfläche wie vor der Kontamination. Es konnte nur dann ein ähnliches Ätzrelief wie bei der Kontrollgruppe (ohne Kontamination) hergestellt werden, wenn die Kontaminationsdauer nicht mehr als 0,1 Sekunden betrug. Bei längeren Kontaminationszeiten schien der Speichelbelag nicht zu verschwinden. Dies wurde auch durch eine ähnliche Studie belegt (*Silverstone et. al.* 1985).

Der Einfluss einer Speichel- oder Ölkontamination in der vorliegenden Studie auf die Füllungsrandqualitäten lässt sich folglich auch dadurch erklären, dass

---

der Speichel (beziehungsweise das Öl/Wassergemisch) für zwei Sekunden auf der präparierten Zahnfläche belassen wurde, bevor er mit Wasser abgesprayed oder getrocknet wurde. Eine Kontaminationsdauer von zwei Sekunden mit Speichel wurde aus praxisrelevanten Gründen gewählt. Eine Dauer von zwei Sekunden entspricht ungefähr der Zeit, die ein Behandler vom visuellen Bemerkten der Kontamination bis zur Reaktion, dem Absprühen oder Trocknen der Kontaminationsflüssigkeit, braucht.

Auch *Hormati et. al.* (1980) überprüften in einer Studie die Haftfestigkeit von Fissurenversiegeln auf geätztem mit Speichel kontaminiertem Zahnschmelz. Sie konnten im Vergleich zur Kontrollgruppe deutlich unterschiedliche Haftfestigkeitswerte feststellen. Generell erkannten sie beim Scheitern des Verbundes bei den kontaminierten Proben ein Adhäsives Versagen. Auch er nahm an, dass die Porositäten die normalerweise im geätzten Schmelz vorhanden sind, bei Kontamination mit Speichel verschlossen werden. Dadurch wird das Eindringen von Monomeren verhindert und damit die Länge und Anzahl der „Kunststoffzotten“ reduziert.

In der vorliegenden Arbeit sollte außerdem die unterschiedliche Akzeptanz verschiedener Restaurationssysteme auf kontaminierte Zahnflächen überprüft werden. Ausnahmslos konnten bei den Klasse-II-Füllungen mit dem Restaurationssystem „Primer&Adhäsiv-Optibond FL in Kombination mit dem Kompositmaterial Herculite XRV“ bei allen Kontaminationsbedingungen deutlich weniger Randspaltbildungen festgestellt werden als bei EBS-Primer&Adhäsiv und dem Komposit Pertac II. Beim Vergleich Randspaltbildung aufgrund einer Kontamination von Speichel oder Öl wurden bei beiden Restaurationssystemen deutlich mehr Defekte am Füllungsrandbereiches des zervikalen Dentins festgestellt als an den lateralen Schmelzabschnitten. Wobei auch hier die Materialkombination Optibond FL/Herculite XRV gravierend bessere Ergebnisse verzeichnete.

Eine Erklärung dafür liegt möglicherweise darin, daß der Primer von Optibond FL im Gegensatz zu EBS-Primer „selbstkonditionierende“ Eigenschaften besitzt

und dadurch die negativen Folgen einer Kontamination der geätzten Zahnflächen mit Speichel oder Öl abschwächt. Möglicherweise wird der Speichelfilm durch die im Primer enthaltene Säure aufgelockert beziehungsweise zerstört und die in den Porositäten enthaltenen Speichelpartikel zum Teil herausgelöst. Dadurch wird die Haftkraft des Adhäsivs verbessert.

Bei den Ergebnissen der Versuchsreihe mit Optibond FL/Herculite XRV „Kontamination der geätzten Kavitätenflächen mit Speichel , Lufttrocknung des Speichels ohne Absprayen mit Wasser“ wurden signifikant mehr Randspalten gefunden als bei der Kontaminationsbedingung „Entfernung des Speichels mittels Wasserspray und anschließender Trocknung der Kavitätenflächen“. Dies könnte die Hypothese einer Auswirkung des selbstkonditionierenden Primers auf die Speichelschicht bestätigen. Durch das zusätzliche Absprayen der gelösten Speichelbestandteile mit Wasser werden Poren in der Zahnoberfläche wieder „frei“. Somit können Monomere leichter in die Zahnoberfläche penetrieren wodurch die Haftwirkung des weiteren adhäsiven Prozesses verbessert wird. Eine weitere Ursache könnte in der Zusammensetzung der Primer liegen. So enthält der Primer von Optibond FL einen größeren Monomergehalt an hydrophilem HEMA als der EBS-Primer. Nach *Munksgaard & Asmussen* (1984) werden beim Vergleich der Dentinadhäsive Scotchbond 2 mit Gluma unterschiedliche Haftwerte gefunden, obwohl beide als Monomer HEMA enthalten. Bei Gluma mit weniger als 30% HEMA-Anteil wurde eine geringere Haftfestigkeit gefunden als bei Scotchbond 2 mit einem Gehalt an 58.5% HEMA. Der höhere Anteil an hydrophilem, penetrationsfähigem HEMA bei Scotchbond 2 bewirkt möglicherweise eine bessere Benetzung des feuchten Dentins als bei Gluma (*Kanca* 1990).

Auch bei der Optibond FL/Herculite XRV Versuchsreihe mit der Kontaminationsbedingung „Auftragen des Speichels nach „Primen“ der zervikalen Dentinbereiche“ traten mehr Imperfektionen und Randspalten auf als in der Kontrollgruppe ohne Kontamination. Dies lässt sich eventuell dadurch



erklären, dass zusätzlich zum „natürlichen“ Flüssigkeitsaustritt aus den Dentinkanälchen der Speichel zu einer kritischen Verdünnung der HEMA-Konzentration beiträgt und dadurch die Verbundfestigkeit im Dentin negativ beeinflusst wird.

Bei den Randqualitäten Überschuss, Unterschuss, Schmelzrandfraktur und Kompositfraktur wurden mit einer Ausnahme keine signifikanten Unterschiede beobachtet. Lediglich bei der EBS-Primer & Bond/Pertac II Versuchsreihe mit Kontamination Öl/Wasser vor Anätzung der Zahnoberflächen war der Anteil der Schmelzrandfrakturen bezogen auf den gesamten Kavitätenrand niedriger als in der Kontrollgruppe. Dieses Phänomen könnte dadurch zustande kommen, dass eine erhöhte Randspaltbildung zu weniger Frakturen führt.

### **4.3 Schlussfolgerungen**

Die Kontamination der Kavitätenoberfläche mit Speichel oder Öl wirkt sich negativ auf den adhäsiven Verbund aus und beeinträchtigt die Randqualität von Kompositfüllungen.

Mit und ohne den verschiedenen Kontaminationsbedingungen wurden mehr „Perfekte Füllungsrande“ an den lateralen Schmelzbereichen als im zervikalen Dentin gefunden. Daraus lässt sich folgern, dass es zwar zu einer rasanten Weiterentwicklung von Dentinadhäsiven gekommen ist, aber nach wie vor Probleme bei der Haftung bestimmter Dentinadhäsive bestehen. Es zeigt sich, dass der Wahl des verwendeten Restaurationsmaterials eine große Bedeutung für die Randqualität von Kompositfüllungen zukommt. Bei gleichen Versuchsbedingungen (mit und ohne Kontamination) führt das Adhäsivsystem zu besseren Ergebnissen, welches einen selbstkonditionierenden Primer enthält. In der vorliegenden In-Vitro-Evaluation wird gezeigt, dass jegliche Kontamination der Zahnoberfläche den adhäsiven Verbund schwächt, beziehungsweise unterbricht. Entscheidend für das Ausmaß der Beeinträchtigung der Füllungsrandqualität durch eine Kontamination mit

---

Speichel scheint aber auch der Zeitpunkt des Eintretens einer Störung zu sein. Eine Benetzung der Zahnoberflächen mit Speichel oder Öl sollte während des Legens einer Kompositfüllung durch eine „absolute Trockenlegung“ des zu behandelnden Zahnes und der unmittelbaren Umgebung verhindert werden.

Bei Betrachtung der gesamten Kavitäten hatte eine Kontamination mit Speichel bei dem Material Optibond FL/Herculite XRV den größten Einfluss auf die Entstehung von Randspalten, wenn er auf der frisch angeätzten Zahnoberfläche aufgetragen und ohne Absprachen getrocknet wurde. Ein nachträgliches Absprachen des Speichels und Trocknung der Zahnoberfläche, vor dem Auftragen des Optibond FL-Primers konnte die Randspaltbildung etwas reduzieren.

Eine Speichelkontamination nach Auftragen des Adhäsivs scheint vor allem bei der Herculite XRV-Versuchsreihe von allen „Kontaminationsstörungen“ am unproblematischsten für den Randschluss von Kompositfüllungen zu sein. Allerdings sollte auch diese Art der Kontamination möglichst verhindert werden, da ein deutlich geringerer Anteil an „Perfekten Füllungsrandern“ als bei der Kontrollgruppe (ohne Kontamination) festgestellt wurde.

Eine Kontamination der präparierten Zahnoberfläche mit Öl, trotz anschließendem Ätzen und Absprachen der Zahnoberfläche mit Wasser, wirkt sich negativ auf den Randschluss von Füllungen aus. Aus diesem Grund sollten Winkelstücke grundsätzlich nicht überölt werden. Der Austritt von Öl bei der „trockenen“ Kariesexkavation sollte ohne Luft oder Wasserkühlung bei einer niedrigen Drehzahl erfolgen, damit der Austritt von Öl aus dem Winkelstück nicht iatrogen unterstützt wird.

---

## 5 Zusammenfassung

In der vorliegenden In-vitro-Studie wurde der Einfluss von Speichel und Öl auf die marginale Adaptation von zwei verschiedenen Adhäsivsystemen und Kompositen anhand von Klasse-II-Füllungen im Vergleich untersucht. Es sollte geklärt werden, ob und in welcher Phase eine Speichel- beziehungsweise Ölkontamination Einfluss auf den adhäsiven Verbund nimmt. Außerdem sollte eruiert werden, welches der beiden Adhäsiv- beziehungsweise Kompositmaterialien weniger sensibel auf eine Kontamination mit Speichel oder Öl während des Restaurierungsprozesses reagiert.

In 60 menschliche, kariesfreie Molaren wurden insgesamt 120 Kavitäten präpariert, welche nach einem Zufallsprinzip in 12 Versuchsgruppen verteilt wurden. Nach einer rotierenden Vorpräparation erfolgte die eigentliche Gestaltung der Kavitäten an den Approximalflächen der Versuchsmolaren mittels hochfrequent oszillierender Technik durch die speziell geformte Geometrie der Sonicsys approx Präparationsspitze Nr.40 bzw. Nr.41. Durch einen zylindrischen Finierdiamanten wurde der Kavitätenboden ungefähr einen Millimeter unterhalb der Schmelz-Zementgrenze ins Wurzelentin verlegt. Nach dem Legen und der Ausarbeitung der Kompositfüllungen wurden die gefüllten Molaren einer Temperaturwechselbelastung ausgesetzt. Nach dem Thermocycling wurden Kunstharzreplikate angefertigt, welche nach einer Goldbeschichtung im Rasterelektronenmikroskop auf verschiedene Füllungsrandschlussqualitäten untersucht wurden. Die Auswertung der Füllungsänder erfolgte durch ein Vermessen der Randqualitäten im Zahnschmelz, Dentin und beiden insgesamt bezogen auf die Füllungsrandlänge des Schmelzes, des Dentins und der gesamten Kavität.

Die statistische Auswertung der erhaltenen Daten wurde mittels des Mann-Whitney-U-Tests und Bonferoni-Korrektur durchgeführt. Für jedes Komposit wurde jede Kontaminationsbedingung (Störung 1-5) mit der entsprechenden Kontrollgruppe (ohne Kontamination mit Speichel oder Öl) verglichen.

---

Zusätzlich wurden die beiden Restaurationssysteme (Optibond FL/Herculite XRV, EBS-Primer&Bond/Pertac II) für jede Kontaminationsbedingung separat verglichen.

Bei der vorliegenden Arbeit konnten eklatante Unterschiede zwischen den Materialien Optibond FL/Herculite XRV und EBS-Primer&Bond/Pertac II festgestellt werden. Die Proben, welche ohne Speichel- oder Ölkontamination mit dem Material Optibond FL/Herculite XRV gefüllt wurden, zeigten weder im Zahnschmelz noch im Dentin Randspaltbildungen. Die gleichen Versuche mit den Materialien EBS-Primer&Bond/Pertac II zeigten deutlich mehr Randspaltbildungen an den Füllungsrandern.

Von allen „Störungen“ scheint sich die Kontaminationsbedingung „Speichelkontamination nach Bondingapplikation“ am wenigsten auf den Randschluss auszuwirken. Bei Betrachtung der ganzen Kavität hatte eine Kontamination der frisch geätzten Oberfläche mit Speichel (Störung 2) den größten Einfluss auf die Entstehung von Randspalten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, daß sowohl mit als auch ohne Verarbeitungsfehlern (Speichel- oder Ölkontamination) das Restaurationssystem von Optibond FL/Herculite XRV gravierend bessere Ergebnisse bezüglich der Füllungsrandqualitäten zeigt als EBS-Primer&Bond/Pertac II. Trotz der guten Ergebnisse bei der Materialkombination Optibond FL/Herculite XRV sollte eine Kontamination mit Speichel oder Öl während des Restaurationsvorganges vermieden werden.

---

## 6 Literaturverzeichnis

Andreas, S.B., Bayne, S.C., Heymann, H.O., Kanoy, B.E.: Intrapulpal composition and fluid flow effects on dentin bond strengths. *J Dent Res* 67, 321, Abstr No 1114 (1989).

Asmussen, E.: Clinical relevance of physical, chemical, and bonding properties of composite resins. *Oper Dent* 10, 61 (1985).

Asmussen, E., Munksgaard, E.C.: Adhesion of restorative resins to dental tissues. In: Vanherle, G., Smith, D.C. (eds.): *Posterior composite resin dental restorative materials*. Minnesota Mining + Mfg.Co, pp.217-229, Minnesota (1985).

Asmussen, E., Munksgaard, E.C.: Bonding of restorative resins to dentine promoted by aqueous mixtures of aldehydes and active monomers. *Int Dent J* 35, 160 (1985).

Axelsson, P. A.T.: Apparatus for cleaning or polishing of teeth. United States Patent Office Nr.3552022 (1971).

Bergenholtz, G., Cox, C.F., Loesche, W.J., Syed, S.A.: Bacterial leakage around dental restorations: its effect on the dental pulp. *J Oral Pathol* 11, 439 (1982).

Borem, L.M., Feigal, R.J.: Reducing microleakage of sealants under salivary contamination: Digital-image analysis evaluation. *Quintess Int* 25, pp.283-289 (1994).

---

Bowen, R.L., Cobb, E.N.: A method for bonding to dentin and enamel. J Am Dent Assoc 107, 734 (1983).

Bowen, R.L., Nemoto, K., Rapson, J.E.: Adhesiv bonding of various materials to hard tooth tissues: forces developing in composite materials during hardening. J Am Dent Assoc 106, 475 (1983).

Braem, M., Lambrechts, P., Vandoren, V., Vanherle, G.: The impact of composite structure on its elastic response. J Dent Res 65, 684 (1986).

Brännström, M., Glantz, P.O., Nordenvall, K.J. : The effect of some cleaning solutions on the morphology of dentin prepared in different ways: an in vitro study. J Dent Child 46, 291 (1979).

Buonocore, M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 34, 849 (1955).

Buonocore, M.G.: Caries prevention in pits and fissures with an adhesive resin polymerized by ultraviolet light: a two year-study of a single adhesive application. J Am Dent Assoc 82, pp. 1090-1093, (1976).

Cox, C., Keall, C., Keall, H., Ostro, E., Bergenholtz, G.: Biocompatibility of surface sealed dental materials against exposed pulps. J Prosthet Dent 57, 1 (1987).

Cox, C.F., Felton, D., Bergenholtz, G.: Histopathological response of infected cavities treated with Gluma and Scotchbond dentin bonding agents. Am J Dent 1 (Spec. Iss.), 189 (1988).

---

Davidson, C.L.: Resisting the curing contraction with adhesive composites. *J Prosthet Dent* 55, 446 (1986).

Davidson, C.L., De Gee, A.J.: Relaxation of polymerisation contraction stresses by flow in dental composites. *J Dent Res* 63, 146 (1984).

Davidson, C.L., De Gee, A.J., Feilzer, A. : The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerisation contraction stress. *J Dent Res* 63, 1396 (1984).

Dietschi, D., Herzfeld, D.: In vitro evaluation of marginal and internal adaptation of class II resin composite restorations after thermal and occlusal stressing. *Eur J Oral Sci* 106, 1033 (1998).

Douglas, W.H.: Clinical status of dentine bonding agents. *J Dent* 17, 209 (1989).

Evans, T., Silverstone, L.M.: The effect of salivary contamination in vitro on etched human enamel. *J Dent Res* 60, 621 (1981).

Feilzer, A.J., De Gee, A.J., Davidson, C.L.: Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 66, 1636 (1987).

Feilzer, A.J., De Gee, A.J., Davidson, C.L.: Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. *J Prosthet Dent* 59, 297 (1988).

Feilzer, A.J., De Gee, A.J., Davidson, C.L.: Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations. *Dent Mater* 6, 167 (1990).

---

Feilzer, A.J., De Gee, A.J., Davidson, C.L.: Relaxation of polymerisation contraction shear stress by hygroscopic expansion. *J Dent Res* 69, 36 (1990).

Fuks, A.B., Grajower, R., Shapira, J.: In vitro assessment marginal leakage of sealants placed in permanent molars with different etching times. *ASDC J Dent Child* 54, pp.425-427, (1984).

Glockner, K., Reich, M.E., Kos, S., Keil, E., Ebeleseder, K., Städtler, P.: Randadaptation von verschiedenen zahnfarbenen Klasse-II-Restaurationen. *Dtsch Zahnärztl Z* 53, 775 (1998).

Gwinnett, A.J.: The scientific basis of the sealant procedure. *J Prev Dent* 3, pp.15-28, (1976).

Hahn, R., Löst, C.: Sonoerosive Fertigung keramischer Zahnrestaurationen. *Dtsch Zahnärztl Z* 47, 734 (1992).

Haller, B., Klaiber, B.: Mikromorphologie unfinierter und finierter Schmelz- und Dentinflächen nach unterschiedlicher Vorbehandlung. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 98, 1078 (1988).

Haller, B., Klaiber, B., Tens, K..D.: Einfluss der Kavitätenfinierung auf das initiale Abdichtungsvermögen von Amalgamfüllungen in vitro. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 101, 986 (1991).

Haller, B.: Untersuchungen zum Mechanismus und zur Wirksamkeit von Komposit-Dentinhaftmitteln. Einteilung der Dentinvorbehandlungen. *Med Habil Schr., Würzburg* (1992a).



---

Haller, B.: Aktueller Stand der Komposit-Dentinhaftung. Zahnärztl Mitt 18, 86 (1992b).

Haller, B., Hofmann, N., Klaiber, B., Pfannkuch, A.: Beständigkeit des Komposit-Dentinverbundes bei künstlicher Alterung. Dtsch Zahnärztl Z 48, 100 (1993).

Haller, B.: Mechanismus und Wirksamkeit von Dentinhaftvermittlern. Dtsch Zahnärztl Z 49, pp.750-759 (1994).

Haller, B., Günther, J.: Randqualität von Klasse-II-Kompomerfüllungen. Dtsch Zahnärztl Z 53, 330 (1998).

Hörsted-Bindslev, P.: Monkey pulp reactions to cavities treated with Gluma Dentin Bond and restored with a microfilled composite. Scand J Dent Res 95, 347 (1987).

Hofmann, N., Just, N., Haller, B., Hugo, B., Klaiber, B.: The effect of glass ionomer cement or composit resin bases on restauration of cuspal stiffness of endodontically treated premolars in vitro. Clin Oral Invest 2, 77 (1998).

Hormati, A.A., Fuller J.L., Denehy G.E.: Effects of contamination and mechanical disturbance on the quality of acid-etched enamel. J Am Dent Assoc 100, pp.34-38, (1980).

Hugo, B.: Neue Präparations- und Restaurationsmethoden zur defektbezogenen Versorgung approximaler Karies. Teil I. Quintessenz 47, 911 (1996a).

---

Hugo, B. : Neue Präparations- und Restaurationsmethoden zur defektbezogenen Versorgung approximaler Karies. Teil II. Quintessenz 47, 1057 (1996b).

Hugo, B., Lussi, A., Hotz, P.: Die Präparation der Schmelzrandabschrägung bei approximalen Kavitäten. Schweiz Monatsschr Zahnmed 102, 1181 (1992).

Hugo, B.: Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten eines neuen oszillierenden Verfahren zur Präparation approximaler Kavitäten. Hochfrequent oszillierende Präparationstechniken. Med Habil Schr, Würzburg (1999).

Hugo, B.: Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten eines neuen oszillierenden Verfahren zur Präparation approximaler Kavitäten. Sonoabrasives Präparationsprinzip. Med Habil Schr, Würzburg (1999).

Hugo, B.: Entwicklung und Anwendungsmöglichkeiten eines neuen oszillierenden Verfahren zur Präparation approximaler Kavitäten. Randqualität von mittleren und großen Klasse-II-Kompositfüllungen bei unterschiedlichem Kavitätenrandwinkel und Restaurationsmaterial. Med Habil Schr, Würzburg (1999).

Hugo, B., Stassinakis, A., Hofmann, N., Starz, Ch., Klaiber, B.: Temperaturentwicklung im Dentin bei sonoabrasiver Zahnpräparation in vitro. Schweiz Monatsschr Zahnmed 7, (1999b).

Hugo, B., Stassinakis, A., Hotz, P., Klaiber, B.: Die Entwicklung einer neuen Präparationsmethode zur defektbezogenen Erstversorgung approximaler kariöser Defekte. Dtsch Zahnärztl Z 51, 518 (1996).

---

Jensen, M.E., Chan, D.C.N.: Polymerisation shrinkage and microleakage. In: Vanherle, G., Smith, D.C. (eds.): Posterior composite resin dental restorative materials. Minnesota Mining + Mfg.Co, pp. 243-262, (1985).

Jørgensen, K.D., Itoh, K., Munksgaard, E.C., Asmussen, E.: Composite wall to wall polymerisation contraction in dentin cavities treated with various bonding agents. Scand J Dent Res 93, 276 (1985).

Kanca, J.: Mikroleakage of the Gluma system. Am J Dent 3, 105, (1990).

Krejci, I., Lutz, F.: Marginal adaptation of Class V restorations using different restorative techniques. J Dent 19, 24 (1991).

Kullmann, W., Pötters, G.: Vergleichende Untersuchungen zum thermischen Expansionskoeffizienten an 50 verschiedenen Kunststoff-Materialien. Dtsch Zahnärztl Z 39, 96 (1984).

Lambrechts, P., Braem, M., Vanherle, G.: Klinische Erfahrungen mit Kompositen und Dentin-Adhäsiven im Seitenzahnbereich. I: Klinische Beurteilung von Kompositen. Phillip J 5, 12 (1988).

Linde, A.: Dentin: structure, chemistry and formation. In: Thylstrup, A., Leach, S.A., Quist, V. (eds.): Dentine and dentine reactions in the oral cavity. IRL press, pp. 17-26, Oxford (1987).

Lüscher, B., Lutz, F., Oxsenbein, H., Mühlemann, H.R.: Microleakage and marginal adaptation in conventional and adhesive Class II restorations. J Prosthet Dent 37, 300 (1977).

---

Lussi, A.: Verletzung der Nachbarzähne bei der Präparation approximaler Kavitäten. Schweiz Monatsschr Zahnmed 105, 1259 (1995).

Lussi, A., Gyax, M.: Präparationstechnik zur signifikanten Minimierung von Nachbarzahnverletzungen. Acta Med Dent Helv 1, 3 (1996).

Lutz, F., Lüscher, B., Ochsenbein, H., Mühlemann, H.R.: Adhäsive Zahnheilkunde. Juris, Zürich (1976).

Lutz, F., Phillips, R.W., Roulet, J.-F., Imfeld, Th.: Komposits-Klassifikation und Wertung. Schweiz Monatsschr Zahnheilk 93, 914 (1983).

Meurmann, J.H.: Detrimental effect of an in vitro salivary contamination on acid-etched enamel. Proc Finn Dent Soc 72, pp.30-32, (1976).

Moopnar, M., Faulkner, K.D.B.: Accidental damage to teeth adjacent to crown-prepared abutment teeth. Aust Dent J 36, 136 (1991).

Munksgaard, E.C., Assmusen, E.: Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixtures of HEMA and glutaraldehyde. J Dent Res 63, 1087 (1984).

Noack, M.J.: Quantitative Füllungsrandanalyse von Frontzahnkompositen im Rasterelektronenmikroskop nach thermischer Wechselbelastung. Dtsch Zahnärztl Z 43, 295 (1988).

Noack, M.J.: Randschluss von Frontzahnfüllungen mit Hybrid- und Mikrofüllerkompositen nach einer Tragezeit von 6 Monaten. Dtsch Zahnärztl Z 43, 919 (1988).

---

Noack, V.: Der Einfluss von konfektionierten Glaskeramikeinsätzen auf die Randqualität von kleinen Klasse II Füllungen in unterschiedlicher Schmezzqualität. Med Diss, Berlin 1994.

Nordenvall, K.J.: Enamel bond-composite fillings in etched cavities. The appearance of resin surfaces facing enamel and dentin. Swed Dent J 2, 141 (1978).

Oman, C.R., Applebaum, E.: Ultrasonic cavity preparation II. Progress report. J Am Dent Assoc 50, 414 (1955).

Pashley, D.H., Livingston, M.J., Greenhill, J.D.: Regional resistances to fluid flow in human dentine in vitro. Archs Oral Biol 23, 807 (1978).

Peterson, E.A., Phillips, R.W., Swartz, M.L.: A comparison of The physical properties of four restorative resins. J Am Dent Ass 73, pp.1334-1336 , (1966).

Pintado, M., Douglas, W.H.: The comparison of mikroleakage between two different dentin bonding resin systems. Quintess Int 19, pp. 905-907, (1988).

Postle, H.H.: Ultrasonic cavity preparation. J Prosth Dent 8, 153 (1958).

Qvist, V., Johannessen, L., Bruun, M.: Progression of approximal caries in relation to iatrogenic preparation damage. J Dent Res 71, 1370 (1992).

Retief, D.H.: Effect of conditioning the enamel surface with phosphoric acid. J Dent Res 52, 333 (1973).

Roulet, J. F.: Degradation of dental polymers. Karger, Basel (1987).

---

Schiller, F.: Die Sprengung der Black'schen Fessel. Zahnärztl Prax 12, 85 (1961).

Schröder, H.E.: Orale Strukturbiologie. Thieme, Stuttgart (1992).

Silverstone, L.M.: The acid etch technique: in vitro studies with special reverence to the enamel surface and the enamel-resin interface. In: Silverstone, L.M., Dogon, I.L. (eds.): Proceedings of an international symposium on the acid etched technique. North Central, St. Paul, pp.13-39, Minnesota (1975).

Silverstone, L.M.: State of the art on sealant research and priorities for further research. J Dent Educ 48 (2), pp.107-118, (1984).

Silverstone, L.M., Hicks M.J., Featherstone, M.J.: Oral fluid contamination of etched enamel surfaces: an SEM study. J Am Dent Assoc 110, pp.329-332, (1985).

Söderholm, K.-J.M.: Filler systems and resin interface. In: Vanherle, G., Smith, D.C. (eds.): Posterior composite resin dental restorative materials. Minnesota Mining + Mfg.Co, pp. 139-159, Minnesota (1985).

Staninec, M., Mochizuki, A., Tanizaki, K., Fukuda, K., Tsuchitani, Y.: Interfacial space, marginal leakage, and enamel cracks around composite resins. Oper Dent 11, 14 (1986).

Torstenson, B., Brännstrom, M.: Contraction gap under composite resin restorations: effect of hygroscopic expansion and thermal stress. Oper Dent 13, 24 (1988).

---

Unterbrink, G. L., Müssner, R.: Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent* 23, 183 (1995).

Van Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braem, M., Lambrechts, P., Vanherle, G.: Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 71, 1530 (1992).

## 7 Anhang

### 7.1 Verzeichnis der Hersteller

- Aufbewahrungslösungen: Chloramin T-Lösung, Tasychloramid-Natrium-Trihydrat 1.0%, Universitätsapotheker, D-97070 Würzburg
- Isotonische Kochsalzlösung 0,9%, Fa. Fresenius AG, D-61343 Bad Homburg
- Winkelstücke: Rotringwinkelstück: Schnellaufwinkelstück, INTRA matic Lux 2, 24 LN , M 261552, Fa. KaVo Dent. Med. Instrument Vertriebsgesellschaft GmbH, D-88400 Biberach/Riss
- Blauringwinkelstück: INTRA matic LUX 2, 20 LN, M 262818, 68 LDN, M265969, Fa. Kavo, D-88400 Biberach/Riss
- Prepcontrol-Kopf: 61 LR, M 317484, Fa. Kavo, D-88400 Biberach/Riss
- Sonicflex-Airscaler: Sonic flex Lux, 2000 L approx, E 334301 Fa. Kavo, D-88400 Biberach/Riss
- Präparationsansätze: Walzenförmiger Diamantschleifer, 80µm, 1,2 φ, ISO Nr. 806 314 157524 012, Fa. Komet - Gebrüder Brassler GmbH, D-32657 Lemgo
- Sonicsys approx Präparationsspitzen: Nr.40, Nr.41, Gr.4, Fa. Kavo Dent. Med. Instrument Vertriebsgesellschaft GmbH, D-88400 Biberach/Riss
- Zylindrischer Diamantfinierer extrafeiner Körnung, mittlere Korngröße: 15 µm, ISO Nr. 806 314 156504 012, Fa. Komet, D-32657 Lemgo
- Universal-Trennschleifmaschine: Woco 50/med, Fa. Conrad Apparatebau GmbH, D-38678 Clausthal-Zellerfeld



---

Knet:	Fa. Elite, CE 333 099 133529, Kaufhof AG, D-51149 Köln
Kavitätenreinigungsmittel:	Tubulicid improved blau: Kavitätenreiniger zur Desinfektion, ohne Natriumfluorid, Batch 410498, Fa. Dental Therapeutics AB, Nacka, Schweden
Schaumstoffpellets:	Pele Tim® Nr.3, Polyurethanschaumstoffpellets, Art.No. 02254E1 Lot 018139, Fa. VOCO GmbH, D-27457 Cuxhaven
Interdentalkeile:	Ahorn Interdentalkeile, Fa. Hawe-Neos, CH-6925 Gentilino
Matrizensystem:	Bombierte Transparentmatrizen, Contact Molarbands, Fa. Vivadent, FL-9494 Schaan  Super Mat-Matrizenhalter, Fa. Hawe-Neos, CH-6925 Gentilino
Ätzgel:	Conditioner 36 De Trey, Los/Lot 9605101, Re Order: 606 15 208, CE 0123 Fa. Dentsply De Trey, D-78461 Konstanz  ESPE Minitip, Los/Lot 169, CE 0123, Fa. ESPE GmbH & Co. KG, D-82229 Seefeld
Primer:	EBS®Primer, 5ml, Los/Lot: 002, Nr. 742200/02, CE 0123, Fa. Espe, GmbH & Co. KG, D-82229 Seefeld  Opti Bond™ FL Primer, Flasche #1, Item No. 25881, Net Vol. 8 ml, Part: 25881, Lot: 610391, Fa. Kerr Corporation, Glendora, CA 91740, USA
Bonding:	EBS®Bond, 5ml, Los/Lot:022, Nr. 742201/02, CE 0123, Fa. Espe GmbH & Co. KG, D-82229 Seefeld  Opti Bond™ FL Adhäsiv, Flasche #2, Item No.25882, Net. Vol. 8ml, Part:25882, Lot: 609399, Re Order: 606 15 208, Fa. Kerr Corporation,

---

	Glendora, Ca 91740, USA
Polymerisationslampe:	Spectrum TM Curing light, Lichtstärke: 690-705, Fa. DeTrey Dentsply, D-78461 Konstanz
Radiometer:	Model 100 Curing Radiometer, Demetron Research Corp., Danbury CT, SN#105697, USA
Applikatoren:	Einmalapplikationsstäbchen, grau, blau, säurefest, abknickbare Enden für schwer zugängliche Stellen. Fa. Kerr Corporation, Glendora, CA 91740, USA
Öl:	Quattro care Spray, Pflegespray mit biologisch abbaubarem Öl zur Pflege von Instrumenten und Turbinen. Inhalt: 500 ml, Bestellnr. 4117590, Fa. Kavo, D-88400 Biberach/Riss
Komposite:	XRV™ Herculite® Unidose™, A1 Enamel, A2 Dentin, Net Wt: 2.5g, Item Nr:23036, 23046 Kerr Corporation, 1717 Westcollins, Orange, CA 92867, USA  Pertac II Aplitip, A1, Nr. 243730/01, Los/Lot: 002, CE 0123, Fa. Espe GmbH & Co. KG, D-78461 Seefeld
Füllungsinstrumente:	Heidemannspatel: Iso: 1054/158, Fa. Karl Martin, D- 42657 Solingen  Kugelstopfer:BB 26/27S, Fa. Hu-Friedy, D-69181 Leimen  Planstopfer: Nr. 15, Fa. Emil Huber oHG, D-76016 Karlsruhe  3 A-Sonde: EXS3A, J8 CE, Fa. Hu-Friedy, D-69181 Leimen
Proxoshape-Feilen:	Proxo 2/3, Intensiv, CH-6963 Viganello
Konturier und Polierscheiben:	So-flex Pop-on, P 951031, verschiedene Korngrößen Aluminium Oxide, Fa. 3M Dental Products, St. Paul, MN 55144-10000, USA
Mandrels:	Fa. 3M Dental Products, St. Paul,

---

	MN 55144-10000, USA
Thermocycling:	Kältebad: MGW Lauda RMT 6, Lauda Dr. Wobster GmbH & Co KG, D-97922 Lauda-Königshofen Wärmebad: Julalbo MWB 1/9, Julalbo Labortechnik, D-77960 Seelbach
Abformungsmaterial:	President Jet light body <sup>®</sup> , Art.Nr. 4861, Fa. Coltène AG, CH-9450 Altstätten  President regular body <sup>®</sup> , Art.Nr. 4862, Fa. Coltène, CH-9450 Altstätten
Applikationspistole:	De Trey Dentsply GmbH, D-78467 Konstanz
Brutschrank:	Fa. Memmert, D-91126 Schwabach
Computerprogramme:	EASY DAQ Standard V1.0, Decision Computer International Co.,Ltd., Deutschland  Microsoft Excel, Microsoft, Redmont WA, USA  SPSS for Windows 10.0, SPSS Inc., Chicago Ill, USA  Origin/The ultimate Solution, V 4.1, Microcal Software Inc., Northhampton MA, USA  Softwarepaket Quanticap, Fa. Küppers, D-91054 Erlangen
Digital-Stoppuhr:	Conrad, D-38678 Clausthal-Zellerfeld
Digitalthermometer:	Digitemp D 2000/20, TfA Dostmann, D-97877 Reicholzheim
Präzisionswaage:	Mettler P 1200, Wägebereich 12 g bis 1200 g, Fa. Mettler GmbH, Ockerweg 3, D-35394 Gießen
Replikas:	Kunstharzgemisch: Araldit CW 2215, Ident-Number: 0411949, Batch Number: 20173473, Fa. CIBA Polymers, GB-Duxford

---

	Härter: HY 5162, Kunstharzverstärkungsmaterialien Hilfsmittel, Art. Nr. 6 hy 516200, Batch Number: AA80007440, Fa. Gößl & Pfaff, Münchener Str. 13, D-85123 Karlskron
Leitfähiger Klebstoff:	Leit-C nach Gocke, leifähiger Kleber zur Präparation Für die Raster-Elektronenmikroskopie, SEM, Gerhard Neubauer, D-48031 Münster
Probenteller für die Replikas im REM:	Fa. BAL-TEC, EM Technology and Application
Sputtergerät:	K550, Emitech, Röntgenanalytik Meßtechnik GmbH, D-65232 Taunusstein
Binokular:	Vision Engineering, 6fache Vergrößerung, D-82275 Emmering
Rasterelektronen- mikroskop:	DSM 940, Fa. Zeiss, D-73447 Oberkochen

## 7.2 Ergebnistabellen

### Randschluss im Zahnschmelz

<b>Komposit: Herculite (Medianwerte der Randqualitäten in Prozent)</b>						
	<b>Kontroll-gruppe</b>	<b>Störung 1</b>	<b>Störung 2</b>	<b>Störung 3</b>	<b>Störung 4</b>	<b>Störung 5</b>
<b>Perfekter Rand (A)</b>	<b>89,47</b>	<b>82,25</b>	<b>86,43</b>	<b>88,04</b>	<b>90,52</b>	<b>84,40</b>
<b>Imperfekter Rand (B)</b>	<b>5,11</b>	<b>12,47</b>	<b>10,73</b>	<b>9,85</b>	<b>5,67</b>	<b>15,59</b>
<b>Randspalt (C)</b>	<b>0,00</b>	<b>1,66</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

**Tabelle 5:** Medianwerte der Randschlussqualitäten des Komposites Herculite XRV im Zahnschmelz.

<b>Komposit: Pertac II (Medianwerte der Randqualitäten in Prozent)</b>						
	<b>Kontroll-gruppe</b>	<b>Störung 1</b>	<b>Störung 2</b>	<b>Störung 3</b>	<b>Störung 4</b>	<b>Störung 5</b>
<b>Perfekter Rand (A)</b>	<b>37,9</b>	<b>16,84</b>	<b>4,24</b>	<b>8,66</b>	<b>23,39</b>	<b>25,95</b>
<b>Imperfekter Rand (B)</b>	<b>33,56</b>	<b>35,40</b>	<b>37,75</b>	<b>33,21</b>	<b>35,27</b>	<b>42,67</b>
<b>Randspalt (C)</b>	<b>19,38</b>	<b>40,83</b>	<b>56,27</b>	<b>61,16</b>	<b>42,50</b>	<b>35,79</b>

**Tabelle 6:** Medianwerte der Randschlussqualitäten des Komposites Pertac II im Zahnschmelz.

**Randschluss im Dentin**

<b>Komposit: Herculite (Medianwerte der Randqualitäten in Prozent)</b>						
	<b>Kontroll-gruppe</b>	<b>Störung 1</b>	<b>Störung 2</b>	<b>Störung 3</b>	<b>Störung 4</b>	<b>Störung 5</b>
<b>Perfekter Rand (A)</b>	<b>93,91</b>	<b>54,32</b>	<b>68,25</b>	<b>52,66</b>	<b>69,92</b>	<b>68,97</b>
<b>Imperfekter Rand (B)</b>	<b>0,00</b>	<b>29,05</b>	<b>22,19</b>	<b>43,07</b>	<b>18,87</b>	<b>25,08</b>
<b>Randspalt (C)</b>	<b>0,00</b>	<b>1,71</b>	<b>4,79</b>	<b>5,38</b>	<b>0,61</b>	<b>0,61</b>

**Tabelle 7:** Medianwerte der Randschlussqualitäten des Komposites Herculite XRV im Dentin.

<b>Komposit: Pertac II (Medianwerte der Randqualitäten in Prozent)</b>						
	<b>Kontroll-gruppe</b>	<b>Störung 1</b>	<b>Störung 2</b>	<b>Störung 3</b>	<b>Störung 4</b>	<b>Störung 5</b>
<b>Perfekter Rand (A)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,94</b>
<b>Imperfekter Rand (B)</b>	<b>8,43</b>	<b>23,13</b>	<b>2,79</b>	<b>3,80</b>	<b>18,09</b>	<b>5,82</b>
<b>Randspalt (C)</b>	<b>87,73</b>	<b>75,72</b>	<b>97,20</b>	<b>91,74</b>	<b>75,11</b>	<b>76,60</b>

**Tabelle 8:** Medianwerte der Randschlussqualitäten des Komposites Pertac II im Dentin.

**Randschluss in Schmelz und Dentin**

<b>Komposit: Herculite (Medianwerte der Randqualitäten in Prozent)</b>						
	<b>Kontroll-gruppe</b>	<b>Störung 1</b>	<b>Störung 2</b>	<b>Störung 3</b>	<b>Störung 4</b>	<b>Störung 5</b>
<b>Perfekter Rand (A)</b>	<b>89,36</b>	<b>65,84</b>	<b>74,35</b>	<b>76,35</b>	<b>82,02</b>	<b>79,96</b>
<b>Imperfekter Rand (B)</b>	<b>6,53</b>	<b>18,23</b>	<b>18,09</b>	<b>20,03</b>	<b>14,19</b>	<b>19,27</b>
<b>Randspalt (C)</b>	<b>0,00</b>	<b>2,71</b>	<b>2,28</b>	<b>1,83</b>	<b>0,41</b>	<b>0,76</b>

**Tabelle 9:** Medianwerte der Randschlussqualitäten des Komposites Herculite XRV im Zahnschmelz und Dentin gesamt.

<b>Komposit: Pertac II (Medianwerte der Randqualitäten in Prozent)</b>						
	<b>Kontroll-gruppe</b>	<b>Störung 1</b>	<b>Störung 2</b>	<b>Störung 3</b>	<b>Störung 4</b>	<b>Störung 5</b>
<b>Perfekter Rand (A)</b>	<b>28,58</b>	<b>11,85</b>	<b>2,93</b>	<b>5,98</b>	<b>16,98</b>	<b>28,46</b>
<b>Imperfekter Rand (B)</b>	<b>25,01</b>	<b>33,83</b>	<b>28,36</b>	<b>26,98</b>	<b>26,27</b>	<b>30,86</b>
<b>Randspalt (C)</b>	<b>42,84</b>	<b>48,31</b>	<b>66,82</b>	<b>64,80</b>	<b>54,99</b>	<b>43,79</b>

**Tabelle 10:** Medianwerte der Randschlussqualitäten des Komposites Pertac II im Zahnschmelz und Dentin gesamt.

## Danksagungen

Ganz besonders herzlich möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. dent. Bernd Klaiber für die Übergabe des für mich sehr interessanten Themas und die Korrektur meiner Dissertation bedanken. Durch den persönlichen, immer freundlichen Einsatz und die großartige Unterstützung von Herrn Professor Klaiber durfte ich nicht nur eine fundierte zahnmedizinische Ausbildung während meines Studiums und Assistentenzeit erfahren, sondern auch eine klinisch orientierte wissenschaftliche Denkweise.

Herrn Prof. Dr. med. dent. Alfred Renk danke ich sehr für die freundliche Übernahme des Koreferates und für eine profunde prothetische Ausbildung.

Mein besonderer Dank geht an Herrn OA Dr. med. dent. Norbert Hofmann für seine Hilfe, während der experimentellen und statistischen Arbeit.

Vielen Dank auch an Herrn PD Dr. med. dent. Burkard Hugo für den Spezialkurs „Präparieren mit Sonoabrasiven Ansätzen“ und die vielen wertvollen praktischen Tipps während meiner klinischen Ausbildung.

Herrn Prof. Dr. med. P. Städtler, Herrn Prof. Dr. med. C. Pertl, Herrn Dr. Ruda, Herrn Prof. Dr. med. Santler der Universitäts Zahnklinik Graz (Österreich), Herrn Prof. Dr. med. Chiari des LKH Klagenfurt (Österreich), Herrn Dr. med. Christian Kitzmantel (Österreich), Herrn Dr. med. Walter Nagele (Österreich) und deren Teams, möchte ich sehr für das Sammeln der extrahierten und operativ entfernten Molaren danken.

Bei den Mitarbeitern der Abteilung für experimentelle Zahnmedizin unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. R. Thull, möchte ich mich für die freundliche Unterstützung und den Kurs für den Umgang mit dem Rasterelektronenmikroskop bedanken.

Meinem Kollegen Dr. med. dent. Walter Denner möchte ich sehr herzlich für die stetige Hilfe bei allen computertechnischen Fragen danken.

Vielen Dank an Frau Martin für die tolle Hilfe bei der Literaturbeschaffung und ganz lieben Dank an Frau Rossius für die stetige Unterstützung bei allen organisatorischen Fragen.

Von ganzem Herzen möchte ich mich bei meinen Eltern, meinem Großvater Dr. Georg Bayr, meinen Firmpaten Dr. Emily und Heinz Müller-Beilhack-Verholen, meiner Tante Karla Bergmann, meinen Geschwistern und meinem Freund für die ständige liebevolle Unterstützung danken.



## Lebenslauf

### Persönliche Daten:

Name: Elisabeth Beilhack  
Geburtsdatum: 28. September 1972  
Geburtsort: Klagenfurt, Österreich  
Eltern: Prim. Dr. Hermann Beilhack, Internist  
Gabriele Beilhack, geb. Neubacher, Assistentin für  
Physikalische Medizin. Verstorben am 24. April 1996  
Geschwister: Dr. Georg, Dr. Andreas, Dr. Elke und Dr. Monika  
Beilhack  
Familienstand: ledig

### Schulbildung:

1978 – 1982 Grundschule in Friesach/Kärnten/Österreich  
1982 – 1990 Neusprachliches Gymnasium, St. Veit/Glan  
Musisches Gymnasium Treibach/Althofen  
1990 Abitur

### Studium:

1991 – 1994 Studium der Humanmedizin an der Universität Graz  
1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
1994 – 1996 Studium der Humanmedizin an der Universität Wien  
2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
Mai 1996 Studium der Zahnmedizin an der Universität  
Würzburg  
Okt. 1997 Zahnärztliche Vorprüfung, Ergebnis: „sehr gut“

Juni 2000 Zahnärztliche Prüfung, Ergebnis: „gut“  
Sept. 2000 Approbation zur Zahnärztin

### **Famulaturen und Praktika:**

Juli 1990 4 Wochen, Praktikum in einer Zahnarztpraxis  
(Dr. W. Nagele) in Friesach, Österreich  
Sept. 1991 4 Wochen, Praktikum in einer Zahnarztpraxis  
(Dr. W. Nagele) in Friesach, Österreich  
Juli 1994 6 Wochen, Unfallchirurgie, Juliussspital Würzburg  
Juli 1995 4 Wochen, Allgemeine Chirurgie, Juliussspital  
4 Wochen, Neurologie, Juliussspital Würzburg  
Aug. 1999 12 Wochen, Zahnärztliches Hilfsprojekt des DAAD,  
Educandario Sao Vicente de Paolo in Recife,  
Brasilien

### **Beruflicher Werdegang:**

Seit 1. Okt. 2000 Zahnärztin und wissenschaftliche Mitarbeiterin an der  
Universität Würzburg Abteilung für Zahnerhaltung  
und Parodontologie (Direktor: Prof. Dr. B. Klaiber)

#### **Tätigkeitsbereiche:**

- Betreuung von Studenten im Phantomkurs und im klinischen Kurs.
- Behandlung von Kindern und behinderten Personen ambulant und in Intubationsnarkose.
- Frontzahnästhetik, Bleichen vitaler und avitaler Zähne, Traumatologie
- Behandlung parodontal erkrankter Patienten
- Restaurative Zahnmedizin
- Ambulanter Schmerz- und Notfalldienst

