

4.2 Probenherstellung

4.2.1 Auswahl und Vorbereitung der Zähne

Die extrahierten 72 Molaren entstammen dem Kontingent der Zahnklinik der Charité (Campus Virchow-Klinikum). Die Zähne wurden während des Versuches in 0,1%iger Thymol-Lösung gelagert, waren kariesfrei und wiesen keine zervikalen Entmineralisierungen auf. Zunächst wurden die Zähne mit einem Scaler¹ von Geweberesten und Zahnstein befreit. Danach wurden sie mit einer rotierenden Bürste² und fluoridfreier Polierpaste³ poliert. Die approximalen Wurzelflächen erhielten nun mittels eines kleinen Diamantschleifers⁴ fortlaufende Nummern von 1 bis 144. Die Gravur wurde so platziert, dass sie bei der Präparation der Kavitäten nicht störte, von der Abformung erfasst wurde und bei der rasterelektronen-mikroskopischen Beurteilung gut zu erkennen war.

4.2.2 Kavitätenpräparation

Die approximalen Flächen der Zähne wurden mit einem mittelfeinen Diamanten⁵ so beschliffen, dass eine plane Fläche zur Präparation der Kavitäten entstand. Dies erfolgte an der mesialen approximalen Fläche mit Erhalt der Schmelzschicht und an der distalen mit Entfernung der Schmelzschicht. In diese planen Flächen wurden zylindrische Kavitäten mit dem Cerafil-Diamanten-System unter Wasserkühlung und reduzierter Geschwindigkeit präpariert. Die Kavitäten hatten einen Durchmesser von 3,5 mm und eine Tiefe von 2 mm. Die Versorgung der Kavitäten erfolgte bei 8 Gruppen sofort nach der Präparation und bei einer Gruppe wurde zunächst ein Provisorium eingesetzt.

4.2.3 Vorbereitung der Inserts

Die Cerafil-Inserts wurden vom Hersteller bereits konditioniert und silanisiert angeboten. Sie wurden erneut vorbereitet. Zunächst wurden sie mit Aceton gereinigt und mit dem Luftbläser getrocknet. Danach folgte die Ätzung des Inserts mittels eines Einmalpinsels¹⁰ mit Flußsäure. Das Gel wurde nach 60 Sekunden Einwirkzeit mit Wasserspray für 120 Sekunden abgesprüht und danach im Luftstrom getrocknet. Mittels eines Einmalpinsels¹⁰ wurde das Zweikomponenten-Silan (Tokuyama) aufgetragen und luftgetrocknet.

4.2.4 Einsetzen der Inserts

Die Inserts³⁸ wurden je nach Gruppe mit dem jeweiligen Material nach Herstellerangaben in die Kavität eingesetzt. Dabei wurden folgende Gruppen unterschieden:

Gruppe 1

Bistite II DC

Primer A und B¹⁵ wurden in einem Mischbecher gründlich miteinander vermischt und mit einem Einwegpinsel gleichmäßig auf der Zahnoberfläche verteilt. Die Einwirkzeit betrug 30 Sekunden. Danach wurde der Primer 2¹⁵ gleichmäßig verteilt und brauchte 20 Sekunden, um bei vorsichtiger Lufttrocknung einzuwirken. Dann wurden aus der Spritze gleichmäßige Mengen der Pasten A und B¹⁵ auf eine Anmischplatte gedrückt und 10 Sekunden gründlich miteinander vermischt. Das Komposit wurde auf Zahn und Restauration gegeben und die Keramik mit Druck in die Kavität eingepasst. Nach Entfernung der Überschüsse wurde 20 Sekunden lichtgehärtet⁸. Zum Schluss wurde eine 3-minütige Ruhephase eingehalten, bevor die Proben wieder in die Lösung gelegt wurden.

Gruppe 2

M-Bond

Primer A und B¹⁶ wurden gründlich miteinander vermischt, auf die Zahnoberfläche aufgetragen und 30 Sekunden einwirken gelassen. Danach wurde 5 -10 Sekunden mit einem schwachen Luftstrahl getrocknet. 3 Tropfen der Flüssigkeit¹⁶ wurden mit einem vollen Löffel Pulver¹⁶ auf eine Anmischplatte gegeben und vermischt. Danach wurde die Paste auf die Zahnoberfläche gegeben, die Keramik in die Kavität platziert und die Überschüsse entfernt. Es wurde eine 4-minütige Ruhephase eingehalten. Während dieser Phase und auch vor Beginn des Einsetzens wurden die Zähne im Wärmeofen gelagert.

*Gruppe 3*RelyX/Unicem

Nach einer leichten Trocknung der Kavität wurde die Kapsel im Aplicap Aktivator³⁵ für 2 s aktiviert. In einem Hochfrequenzmischgerät wurde die Kapsel dann 15 s gemischt. Danach wurde der Inhalt der Kapsel mit einem Aplicap Applier³⁵ in die Kavität gefüllt und die Restauration eingebracht. Es folgte eine 20 s Lichthärtung⁸. Nach 2 min war die Selbsthärtung beendet.

*Gruppe 4*Syntac Classic/Variolink 2

Nach leichter Trocknung der Kavität wurde der Schmelz für 30 - 60 s geätzt, dann das Ätzgel⁹ vorsichtig abgesprüht und die Kavität erneut getrocknet. Der Syntac Primer¹⁸ wirkte für mindestens 15 s auf Schmelz und Dentin ein und wurde mit dem Luftbläser getrocknet. Das Syntac-Adhäsiv¹⁸ wurde für 10 s auf Schmelz und Dentin appliziert und danach leicht getrocknet. Dann wurde Heliobond¹⁸ aufgetragen, dünn ausgeblasen und für 10 s lichtgehärtet⁸. Variolink II¹⁹ wurde zu gleichen Teilen gemischt und gleichmäßig auf der Restauration verteilt. Das Insert³⁸ wurde dann ohne Ultraschall in die Kavität gebracht. Danach wurde für 40 s lichtgehärtet⁸.

*Gruppe 5*OptiBond FL/Sonocem

Das Ätzgel⁹ wurde zunächst für 30 Sekunden auf den Schmelz und anschließend noch zusätzlich 15 Sekunden auf das Dentin appliziert, mit Wasser 30 Sekunden abgesprüht und vorsichtig getrocknet. Zur Aufrichtung des KollagenNetzwerks wurde die Dentinoberfläche standardisiert feucht gehalten. Dazu wurde ein Applikator¹³ mit Wasser befeuchtet, anschließend auf einem Papiertuch wieder leicht getrocknet, um damit die Kavität zu befeuchten. Danach wurde der Primer¹² auf der Kavität verteilt und 30 Sekunden verrieben. Das Adhäsiv¹⁴ wurde ebenfalls dünn appliziert und für 30 Sekunden lichtgehärtet⁸. Sonocem²¹ wurde aus zwei Komponenten 1:1 angemischt, in der Kavität verteilt, die Keramik leicht eingedrückt und mit dem Ultraschall in Position gebracht. Danach wurden die Überschüsse entfernt und für 40 Sekunden lichtgehärtet⁸.

Gruppe 6

OptiBond FL (mit PV)/Sonocem

Die Kavität wurde nach der Präparation mit einem Provisorium aus Luxatemp³⁷, zementiert mit Temp Bond³⁶ (Eugenolfrei), versorgt. Nach einer Woche wurde das Provisorium entfernt und die Kavität mit fluoridfreier Polierpaste³ gesäubert. Danach wurde die Eingliederung des Inserts³⁸ vorbereitet, wie in Gruppe 5 beschrieben.

Gruppe 7

OptiBond FL/Variolink ultra

Die Kavitäten wurden vorbereitet wie für Gruppe 5 beschrieben. Variolink ultra²⁰ wurde aus zwei Komponenten 1:1 angemischt, in der Kavität verteilt, die Keramik leicht eingedrückt und mittels Ultraschall in die richtige Position gebracht. Danach wurde 40 s lichtgehärtet⁸.

Gruppe 8

OptiBond FL/Variolink 2

Die Kavitäten wurden wie in Gruppe 5 vorbereitet und die Inserts mit Variolink 2¹⁹ ohne Ultraschall nach Herstellerangaben eingesetzt und lichtgehärtet⁸.

Gruppe 9

Syntac/Variolink ultra

Die Vorbereitung der Zähne fand wie in Gruppe 4 statt, die Inserts wurden jedoch mit Variolink ultra²⁰ mittels Ultraschall eingesetzt und lichtgehärtet⁸.

4.2.5 Ausarbeitung der Füllungen

Über die Kavitätenränder hinausragende Anteile des Inserts wurden zunächst mit einem groben Diamanten⁴ reduziert und dann mit einem mittelfeinen Diamanten⁵ auf das Niveau der Approximallfläche des Zahnes geschliffen. Die Feinausarbeitung erfolgte mit aluminiumoxid-beschichteten, flexiblen Polierscheiben²³ in der Reihenfolge mittel, fein und superfein. Die gesamte Politur erfolgte unter Wasserkühlung und mit dem Ziel, einen überschussfreien

Übergang zwischen Insert, Befestigungskomposit und Zahnhartsubstanz zu schaffen.

4.3 Weiterverarbeitung der Proben

4.3.1 Wasserlagerung

Alle 72 Zähne verblieben für 21 Tage in einer 0,1 %igen Thymollösung.

4.3.2 Erste Replikaherstellung

Nach der Wasserlagerung erfolgte die erste Replikaherstellung. Dafür wurden die Zähne mit einer Bürste² gereinigt und danach mit einem Tupfer¹¹ getrocknet. Anschließend wurde eine dünnfließende additionsvernetzende Abformmasse²⁵ auf die Approximalfläche aufgebracht und sehr dünn verblasen, damit die Probenoberfläche möglichst gut benetzt war von dem Abformmaterial. Um eine stabile Form zu erreichen, wurde danach eine zweite dickere Lage desselben Silikons aufgetragen. Diese Abformungen wurden in eine kondensationsvernetzende Silikonabformmasse^{26,27} eingebettet. Nach 24 Stunden wurden die Abformungen mit Alkohol (70 %) und Chloroform gereinigt und entfettet, um sie danach mit Epoxidharz²⁸ auszugießen. Um die Replika im REM montieren zu können, wurden in das noch flüssige Harz Objektträger aufgebracht. Nach weiteren 24 Stunden wurden die Replika aus den Abformungen entfernt und in einer Sputteranlage²⁹ bei einer Stromstärke von 40 mA und einem Abstand von ca. 45 mm zwischen Proben und Target für 2 min in einer Argon-Atmosphäre von $0,5 \times 10^{-5}$ bar mit Gold beschichtet.

4.3.3 Thermische Wechselbelastung (TWB)

Im Anschluss wurden alle Proben einem thermischen Ermüdungsprozess durch zyklische Temperaturwechselbadbelastung (TWB) unterzogen. Ein mikroprozessorgesteuertes Gerät³¹ tauchte die Zähne 2000mal alternierend in ein Warmwasserbad von 55°C und ein Kältebad mit einer Temperatur von 5°C. Die Proben blieben jeweils 30 s in den Bädern, die Transferzeit betrug 12 s.

4.3.4 Zweite Replikaherstellung

Nach der Temperaturwechselbelastung erfolgte eine erneute Replikaherstellung nach oben beschriebener Methode.

4.4 Quantitative Randanalyse im Rasterelektronenmikroskop

Die Auswertung der Replikas erfolgte mit der von ROULET 1989 (*Roulet et al.* 1989) beschriebenen computergestützten quantitativen Randanalyse. Die gesamten Füllungsänder der mit Inserts versorgten Molaren wurden vor und nach der Temperaturwechselbelastung im Rasterelektronenmikroskop³² bei 200facher Vergrößerung hinsichtlich ihrer Randqualität beurteilt. Durch die Verwendung eines Befestigungskomposits zum Einsetzen der Inserts ergaben sich zwei Randbereiche, die beurteilt werden mussten: ein Außenrand und ein Innenrand. Der Außenrand stellt die Grenzfläche zwischen Befestigungsmaterial und Zahn dar, den Innenrand bildet die Grenzfläche zwischen der Keramik und dem Befestigungsmaterial. Beide Randbereiche wurden getrennt voneinander quantitativ vermessen und nach der folgenden Randkriterienliste beurteilt.

Randqualität	Definition
1	„Perfekter Rand“, Rand nicht oder nur schwer erkennbar, keine Randunregelmäßigkeiten; kein Spalt
2	kein Randspalt, Rand erkennbar, geringe Randunregelmäßigkeiten
3	kein Randspalt, aber massive Randunregelmäßigkeiten
4	„Haarriss“, Randspalt erkennbar (< 2µm), keine Randunregelmäßigkeiten
5	Randspalt erkennbar (<5µm) geringe Randunregelmäßigkeiten
6	Randspalt deutlich erkennbar (> 5µm), massive Randunregelmäßigkeiten
7	Rand nicht beurteilbar (z.B. aufgrund von Blasen)

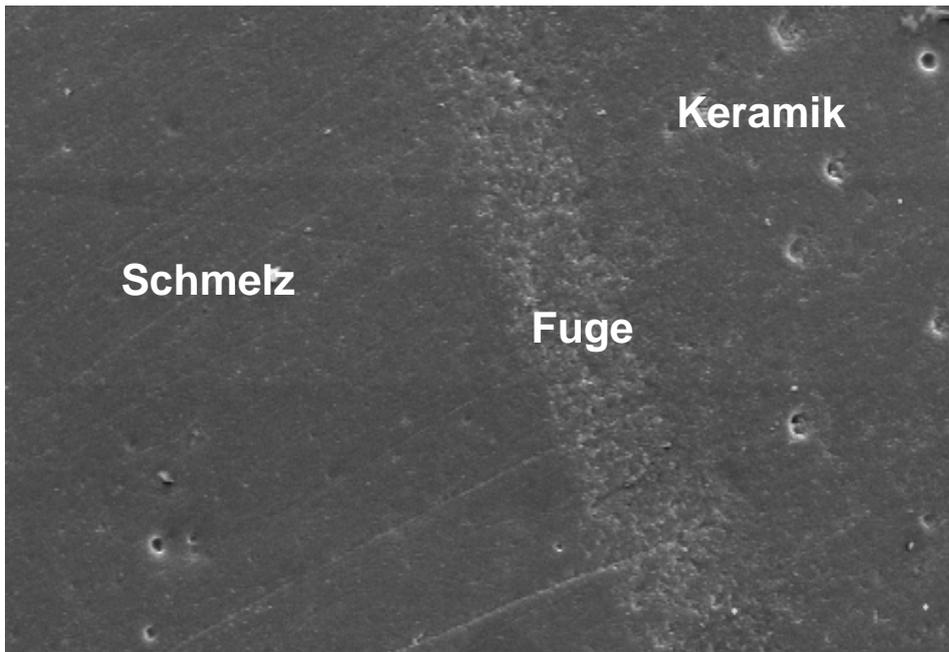


Fig. 1 Beispiel für die Randqualität 1 im REM (Originalvergrößerung 200-fach)

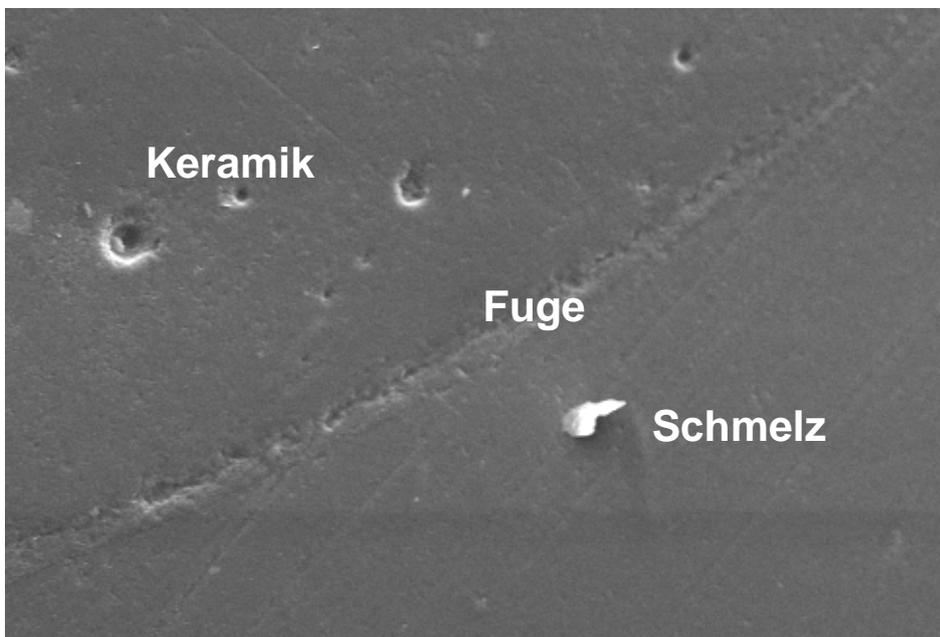


Fig. 2 Beispiel für die Randqualität 2 im REM (Originalvergrößerung 200-fach)

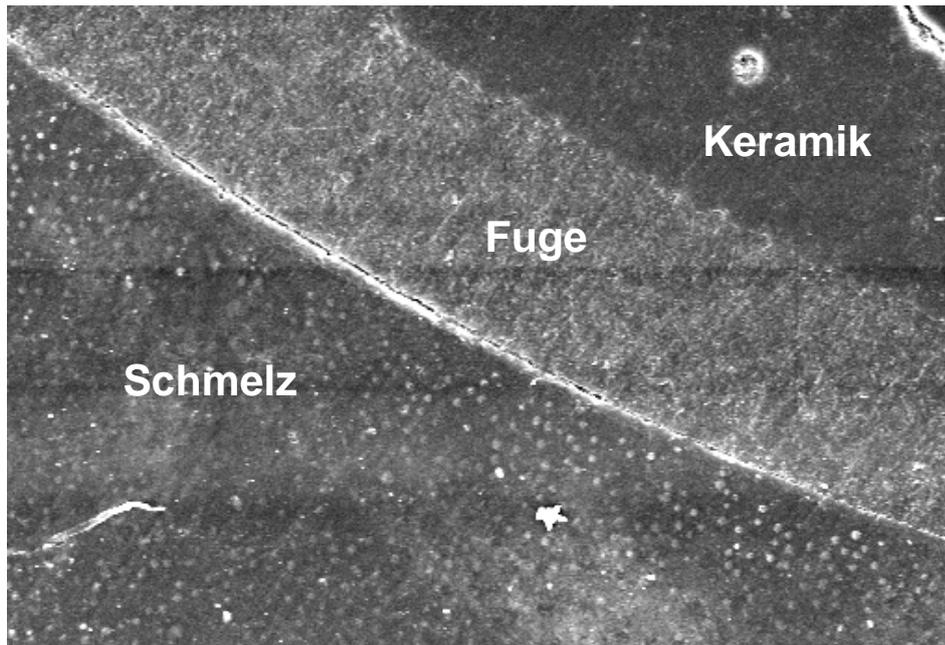


Fig. 3 Beispiel für die Randqualität 3 im REM (Originalvergrößerung 200-fach)

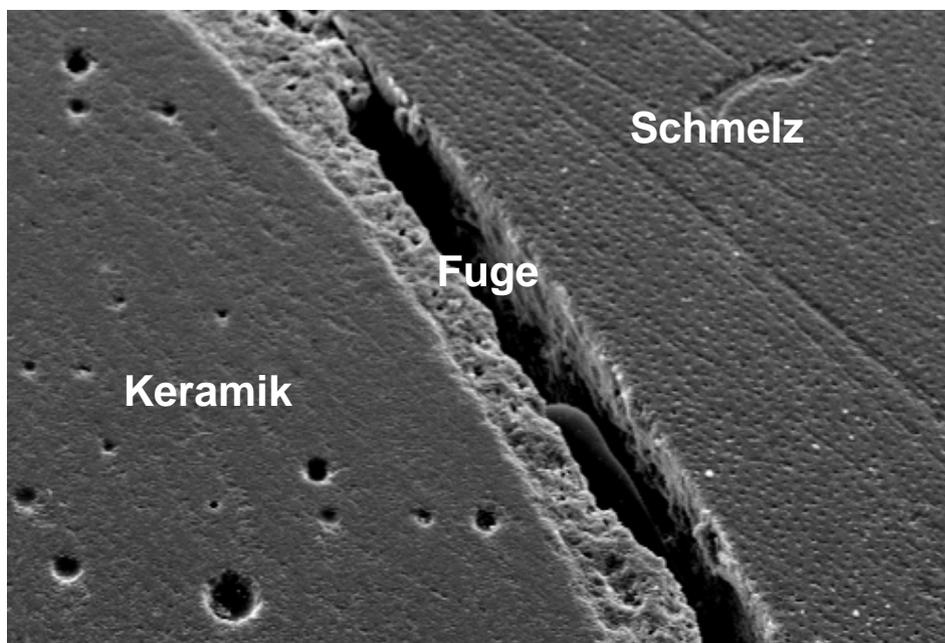


Fig. 4 Beispiel für die Randqualität 4 im REM (Originalvergrößerung 200-fach)

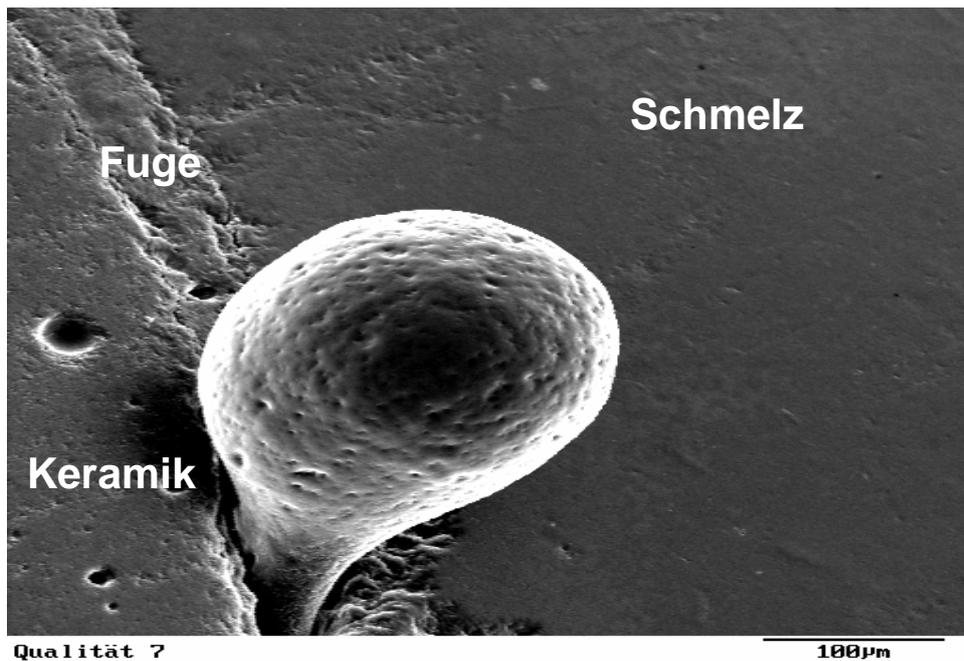


Fig. 5 Beispiel für die Randqualität 7 im REM (Originalvergrößerung 200-fach)

Um eine möglichst identische Beurteilung der Randqualitäten zu gewährleisten, erfolgte eine Kalibrierung zwischen OA Dr. U. Blunck und der Untersuchenden. Die Untersuchung der Replikas wurde in chronologischer Reihenfolge durchgeführt, so dass eine Gruppenzuordnung während der Analyse nicht möglich war. Die Auswertung der Proben im Dentin erfolgte zeitlich unabhängig von der Beurteilung der Proben im Schmelz. Für die statistische Auswertung wurden die Randqualitäten 1 und 2 zur Note 1 und die Randqualitäten 4-6 zur Note Spalt zusammengefasst. Die statistische Auswertung für die Werte erfolgte mit dem KRUSKAL-WALLIS-TEST bei einem Signifikanzniveau von 0,05. Bei Auftreten von statistisch relevanten Unterschieden wurde eine Nachtestung mit Adjustierung nach BONFERRONI durchgeführt.