

A. K. Lührs<sup>1</sup>

# Reparatur zahnärztlicher Seitenzahnrestaurationen – immer noch obsolet?

*Repair of posterior dental restorations – still obsolete?*



PD Dr. Anne-Katrin Lührs

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten? / Why should you read this article?

Reparaturen stellen eine minimalinvasive Interventionsmaßnahme dar. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über Indikationen, Kontraindikationen und Reparaturtechniken anhand von klinischen Beispielen.

*Repair of dental restorations is a minimal invasive treatment procedure. This article gives an overview over indications, contraindications and repair-techniques illustrated by clinical cases.*

**Einführung:** Reparaturen zahnärztlicher Restaurationen bieten sowohl für den Behandler als auch für den Patienten entscheidende Vorteile gegenüber einer Neuanfertigung: sie sind substanzschonend, es besteht eine geringere Gefahr der Pulpaschädigung und oftmals kann eine invasive Behandlungsmaßnahme wie beispielsweise die komplette Überkronung eines Zahnes verhindert werden. Trotz insgesamt niedriger jährlicher Verlustquoten von Komposit-, Amalgam-, Guss- und Keramikrestaurationen versagen diese aus unterschiedlichen Gründen.

**Material und Methoden:** Im Rahmen der Entscheidungsfindung sollte zunächst der Grund des Versagens der Primärrestauration genau eruiert werden. Wird dann der Reparatur gegenüber einer Neuanfertigung der Vorzug gegeben, so stellt sich die Frage nach dem optimalen Reparaturkonzept. Entscheidend ist hier, unabhängig vom vorliegenden Material, die mechanische Konditionierung der Restorationsoberfläche. Idealerweise erfolgt die Reparatur nach vollständiger Kariesexkavation unter Anwendung der Adhäsivtechnik mittels Komposit.

**Ergebnisse und Schlussfolgerung:** Insgesamt besitzen Reparaturen trotz noch immer dünner Datenlage eine gute klinische Langzeitprognose, wobei diese abhängig vom Versagensgrund ist. Daher sind Reparaturen keineswegs als „Patchwork Dentistry“ zu bezeichnen. (Dtsch Zahnärztl Z 2015; 70: 98–109)

*Schlüsselwörter: Reparatur; Komposit; Amalgam; Gussrestauration; Keramik; minimalinvasiv; Oberflächenbehandlung*

**Introduction:** The repair of dental restorations has many advantages over the replacement of a restoration for both the dentist and the patient: first of all, the treatment is minimal invasive, furthermore, there is less danger of pulpal damage and very often a more invasive treatment such as the placement of a crown can be avoided. Despite low annual failure rates of composite, amalgam, cast and ceramic restorations, failures might occur during clinical service.

**Material and Methods:** During decision making, it is important to determine why the restoration failed in the first place. If repair is preferred over a completely new restoration, questions arise regarding the ideal repair procedure. The most important treatment step is, independent of the material to be repaired, the mechanical pre-treatment of the restoration surface. After complete caries removal, the repair is performed preferably with adhesively bonded composite.

**Results and Conclusion:** Despite an only sparse amount of literature available, the repair of restorations has a very good clinical prognosis, which, however, also depends on the reason of the primary failure. Therefore, the repair of restorations is anything but “patchwork dentistry”.

*Keywords: repair; composite; amalgam; cast restoration; ceramic; minimal invasive; surface pre-treatment*

<sup>1</sup> Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde, Medizinische Hochschule Hannover

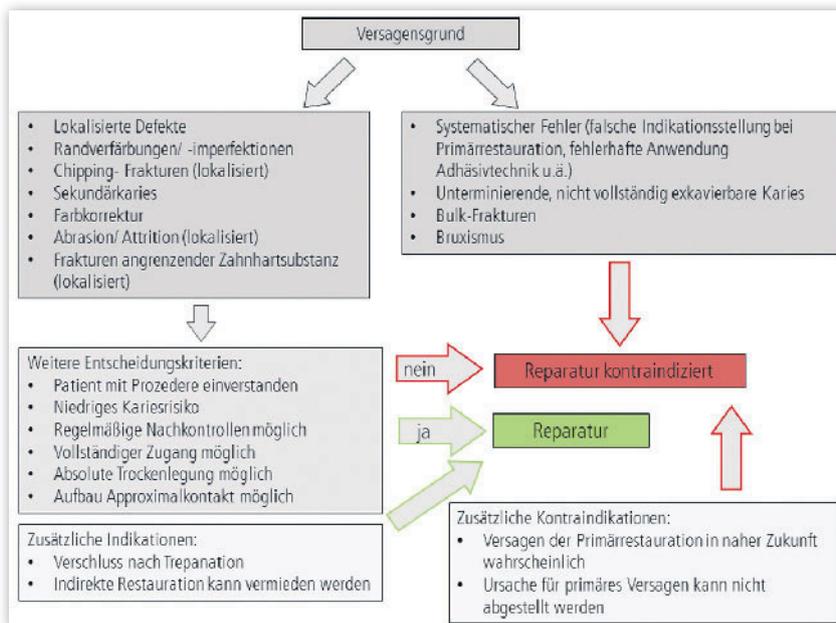
Peer-reviewed article: eingereicht: 20.02.2015, revidierte Fassung akzeptiert: 04.03.2015

DOI 10.3238/dzz.2015.0098–0109

## Einführung

War das Durchführen einer intraoralen Reparatur zahnärztlicher Restaurationen bis vor wenigen Jahren noch weitgehend verpönt und wurde gar als „Patchwork Dentistry“ bezeichnet [63], so werden Reparaturkonzepte heutzutage immer mehr in das zahnärztliche Behandlungsspektrum integriert. Dieses zeigt sich auch darin, dass die Reparatur von Kompositrestaurationen zunehmend ihren Weg in die universitäre Lehre findet. Eine Befragung britischer, irischer, skandinavischer und deutscher Universitäten aus dem Jahr 2000 zeigte, dass alle skandinavischen und ein Großteil der britischen und irischen Universitäten die Kompositreparatur in ihr Curriculum aufgenommen haben [8]. Eine aktuellere Untersuchung aus dem Jahr 2010 ergab, dass 79 % der befragten U.S. amerikanischen und kanadischen Universitäten Kompositreparaturen sowohl theoretisch als auch praktisch lehren [40]. In Deutschland scheint die Haltung Reparaturen gegenüber skeptischer zu sein; von den befragten deutschen Universitäten (75 % Antwortrate) lehrten vor dem Jahr 2000 nur 50 % Kompositreparaturen [8]. Eine aktuellere Untersuchung aus dem Jahr 2011 zeigte, dass inzwischen mehr als 80 % der befragten Universitäten Reparaturen theoretisch und praktisch lehren [6].

Reparaturen bieten gegenüber der kompletten Neuanfertigung einer Restauration eine Reihe von Vorteilen. Der wichtigste Aspekt ist hierbei sicherlich der Erhalt gesunder Zahnhartsubstanz, der bei einer Reparatur signifikant höher ist als bei der Komplettentfernung einer Restauration. Besonders bei der Entfernung zahnfarbener Versorgungen aus Komposit oder Glaskeramik kommt es zu einer massiven Vergrößerung der Ausgangskavität [37]. Weitere Vorteile der Reparatur sind die Vermeidung von Pulpaschäden und Schmerzen, die verminderte Gefahr für präparationsbedingte Nachbarzahn-Schädigungen, verkürzte Behandlungszeiten und verlängerte Langzeitüberlebensraten der Primärrestaurationen [5, 18, 28, 44]. Eine aktuelle Untersuchung aus England konnte belegen, dass Patienten, bei denen eine Restauration repariert statt ausgetauscht wurde, signifikant weniger Angst bei der Behandlung empfunden haben und weniger Lokalanästhesie be-



**Abbildung 1** Flussdiagramm zur Entscheidungsfindung Reparatur vs. Neuanfertigung modifiziert nach [5, 25 und 33].

**Figure 1** Flowchart illustrating the decision making between repair vs. new restoration altered by [5, 25 and 33].

Amalgam	Komposit	Keramik	Gold
Frakturen	Sekundärkaries	Sekundärkaries	Randimperfectionen
Sekundärkaries	Frakturen	Frakturen	Sekundärkaries
	Postoperative Überempfindlichkeit	Chipping	

**Tabelle 1** Hauptversagensgründe aufgeschlüsselt nach Restauraionsmaterial.

**Table 1** Main reasons for restoration failure in correlation to the restorative material.

nötigten [34]. Gleichzeitig wurde für die Reparatur weniger Behandlungszeit benötigt als für die Neuanfertigung, ein Aspekt, der auch unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht zu vernachlässigen ist [34], besonders vor dem Hintergrund, dass ein Großteil der zahnärztlichen Behandlungszeit mit der Durchführung einer Zweit- oder Dritt-Versorgung ausgefüllt wird [14]. Mittlerweile konzentriert sich die zahnärztliche Tätigkeit nämlich nicht mehr auf die Versorgung primär kariöser Läsionen, sondern auf den Austausch vorhandener insuffizienter Restaurationen [43], ein Vorgehen, das auch als „Restorative Cycle“ oder „Restorative Cycle“ bezeichnet wird [16, 21]. Ursächlich

für diesen Kreislauf ist neben dem Versagen einer Restauration auch das „Misstrauen“ des/der behandelnden Kollegen/Kollegin gegenüber Arbeiten, die nicht selbst am Patienten durchgeführt wurden, was sich darin zeigt, dass eigene Arbeiten eher einem „Monitoring“ unterliegen, Fremdarbeiten jedoch tendenziell ausgetauscht werden [10]. Ohne Zahnarztwechsel beträgt die Überlebensrate zahnärztlicher Restaurationen 92 %, bei Wohnort- und damit verbundenem Behandlerwechsel sinkt sie jedoch auf 61 % [10]. Eine Umfrage unter amerikanischen Zahnärzten ergab, dass Kompositfüllungen mit fehlerhaften Rändern im Dentinbereich eher ausgetauscht und solche mit Rändern im



**Abbildung 2a–e** Kompositreparatur an Zahn 34. Der Ausgangszustand zeigt eine Chipping-Fraktur distal bei ansonsten suffizienter Primärrestauration **(a)**. Dezentere Erweiterung des distalen Bereichs, um Oberflächenvorbehandlung zu ermöglichen **(b)**. Zustand nach mechanischer Vorbehandlung (Sandstrahlen), Anwendung eines Adhäsivsystems sowie Auftragen eines Flowable am Kastenboden **(c)**. Fertige Modellierung **(d)**. Reparatur und Primärrestauration nach Politur **(e)**.

**Figure 2a–e** Composite repair on tooth 34. Initial chipping distal of a sufficient primary restoration **(a)**. Small box preparation distal in order to allow surface pre-treatment **(b)**. Restoration after surface pre-treatment (sandblasting), use of an adhesive and application of a flowable onto the bottom of the proximal box **(c)**. Restoration after shaping **(d)** and polishing **(e)**.

Schmelz eher repariert werden, wohingegen Amalgamfüllungen eher beobachtet werden [27]. Auch die Lage einer defekten Restauration beeinflusst die Entscheidungsfindung: Restaurationen im Molarenbereich unterliegen im Vergleich zu Prämolaren und Frontzähnen signifikant häufiger einem Monitoring, wenn Behandler und Nachuntersucher identisch sind [29]. Behandler, die die ursprüngliche Restauration nicht selbst gelegt hatten, zeigten im Molarenbereich ein weniger konservatives Vorgehen [29].

Trotz immer geringer werdender jährlicher Verlustraten kommt es zum Versagen zahnärztlicher Restaurationen, wobei die Gründe hierfür unterschiedlich sind [42]. Hauptversagensgründe sind hierbei Frakturen, Sekundärkaries, Chipping und Randimperfectionen, wobei sich die auslösenden Faktoren in Abhängigkeit vom Restaurationsmaterial unterscheiden [33, 36, 42, 45, 60] (Tab. 1). Für Kompositrestaurationen wurde neben den bekannten

Faktoren „Sekundärkaries“ und „Frakturen“ auch das Auftreten postoperativer Überempfindlichkeiten als Versagensursache angegeben [52].

Reparaturen können die klinische Langzeitüberlebensrate von Restaurationen erhöhen. Im Vergleich zu nicht reparierten Amalgamfüllungen, die nur einem Monitoring unterlagen, besitzen reparierte Restaurationen eine signifikant geringere Versagensquote nach einer Beobachtungszeit von 7 Jahren [28]. Auch aktuelle Untersuchungen aus dem Jahr 2015, die sich mit der Reparatur von Komposit- und Amalgamrestaurationen beschäftigten, konnten die Vorteile der Reparatur belegen. Bei richtiger Indikationsstellung bietet eine komplette Neuanfertigung gegenüber einer Kompositreparatur nach 10 Jahren keine Verbesserung bezüglich der marginalen Adaptation [18]. Ähnliche Ergebnisse wurden wiederum für die Amalgamreparatur nachgewiesen. Gegenüber einem Austausch der Restauration zeigten sich bezüglich der

marginalen Adaptation und des Auftretens von Sekundärkaries keine signifikant unterschiedlichen Ergebnisse [44]. Im direkten Vergleich sind Reparaturen an Kompositrestaurationen denjenigen an Amalgamfüllungen überlegen [45]. Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass Reparaturen, die aufgrund des Auftretens von Sekundärkaries durchgeführt wurden, eine signifikant bessere Überlebensrate besaßen als solche, die aufgrund von Frakturen durchgeführt wurden [45]. Basierend auf den Vorteilen, die Reparaturen bieten, empfiehlt auch die „Academy of Operative Dentistry European Section“ (AODES) Reparaturen, wenn beispielsweise die vorhandene Sekundärkaries bei suffizienter verbleibender Restauration vollständig entfernt werden kann [41].

Vor der Entscheidung für oder gegen eine Reparatur sollten Indikationen und Kontraindikationen kritisch abgewogen und der Gesamtzustand der Restauration bewertet werden (Abb. 1).

Allgemein ist zu sagen, dass eine Reparatur dann einer Neuanfertigung vorgezogen werden sollte, wenn ein Großteil der Restauration intakt und kariesfrei ist [41].

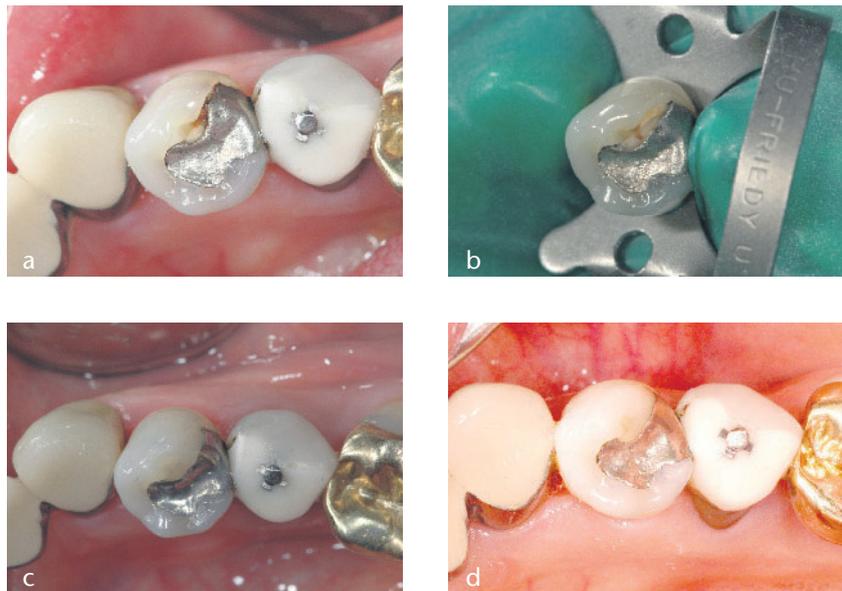
Entscheidet sich ein Behandler für das Reparieren einer Restauration, so stellt sich die Frage nach einem geeigneten Reparaturkonzept. In der Literatur existieren, je nach Primärrestauration, eine Vielzahl unterschiedlicher Konzepte, die zur Anwendung kommen [33]. Da es kein einheitliches Reparaturkonzept gibt, erschwert die momentane Situation die Entscheidungsfindung. Zusätzlich kommen je nach beteiligten Adhärenzen (Zahnhartsubstanz und Restaurationsmaterial) unterschiedliche Materialien zum Einsatz, die das Vorgehen zusätzlich verkomplizieren können.

## Falldarstellungen und Diskussion

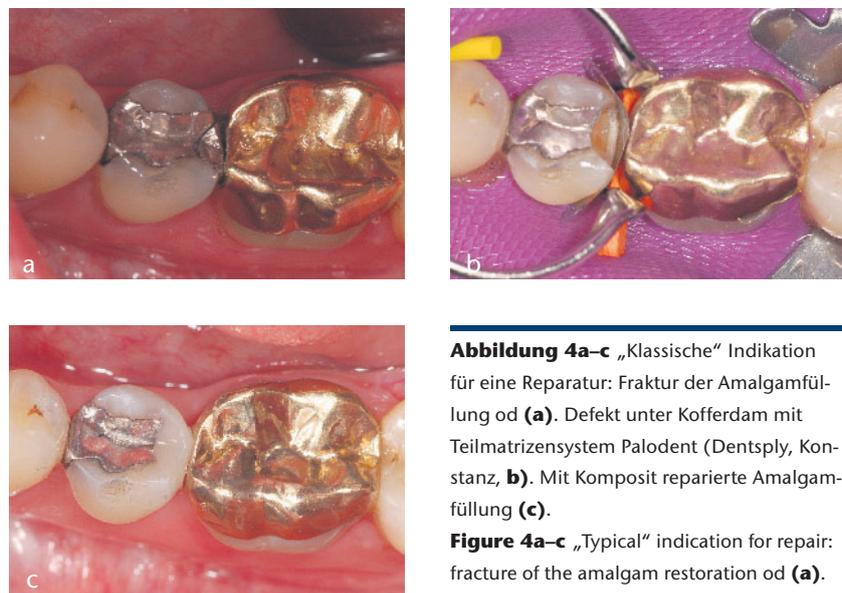
### Kompositreparatur

Der Hauptversagensgrund von Kompositrestaurationen, die eine jährliche Verlustrate von 2,2 % besitzen, sind Sekundärkaries und Frakturen [33, 42], (Tab. 1). Der auf Seite 100 dargestellte Fall zeigt eine im Mai 2008 durchgeführte Kompositreparatur am Zahn 34 nach Chipping-Fraktur distal (Abb. 2a–e).

In der Literatur sind verschiedene Methoden zur mechanischen Vorbehandlung von Kompositrestaurationen beschrieben, dazu zählen u.a. das Anrauen mit Diamantfeinierern, Siliziumcarbidsteinchen oder Sandpapier, Sandstrahlen mit Aluminiumoxid, Sandstrahlen mit Bicarbonat, intraorales Silikatisieren (Co-Jet), Konditionierung mit Flusssäure und Konditionierung mit Phosphorsäure [12, 31, 32, 64]. Ein entscheidender Punkt bei der Kompositreparatur ist die „mechanische Konditionierung“ zur Schaffung mechanischer Retention. Das Co-Jet System generiert generell hohe Haftwerte an Hybridkompositen, wobei auch durch Anrauen, Konditionieren mit Phosphorsäure und Auftragen eines Adhäsivsystems ähnliche Werte generiert werden können [31]. Ohne Vorbehandlung werden *in vitro* signifikant geringere Haftwerte als mit mechanischer Konditionierung erreicht [12, 32]. Das Anrauen mittels Dia-



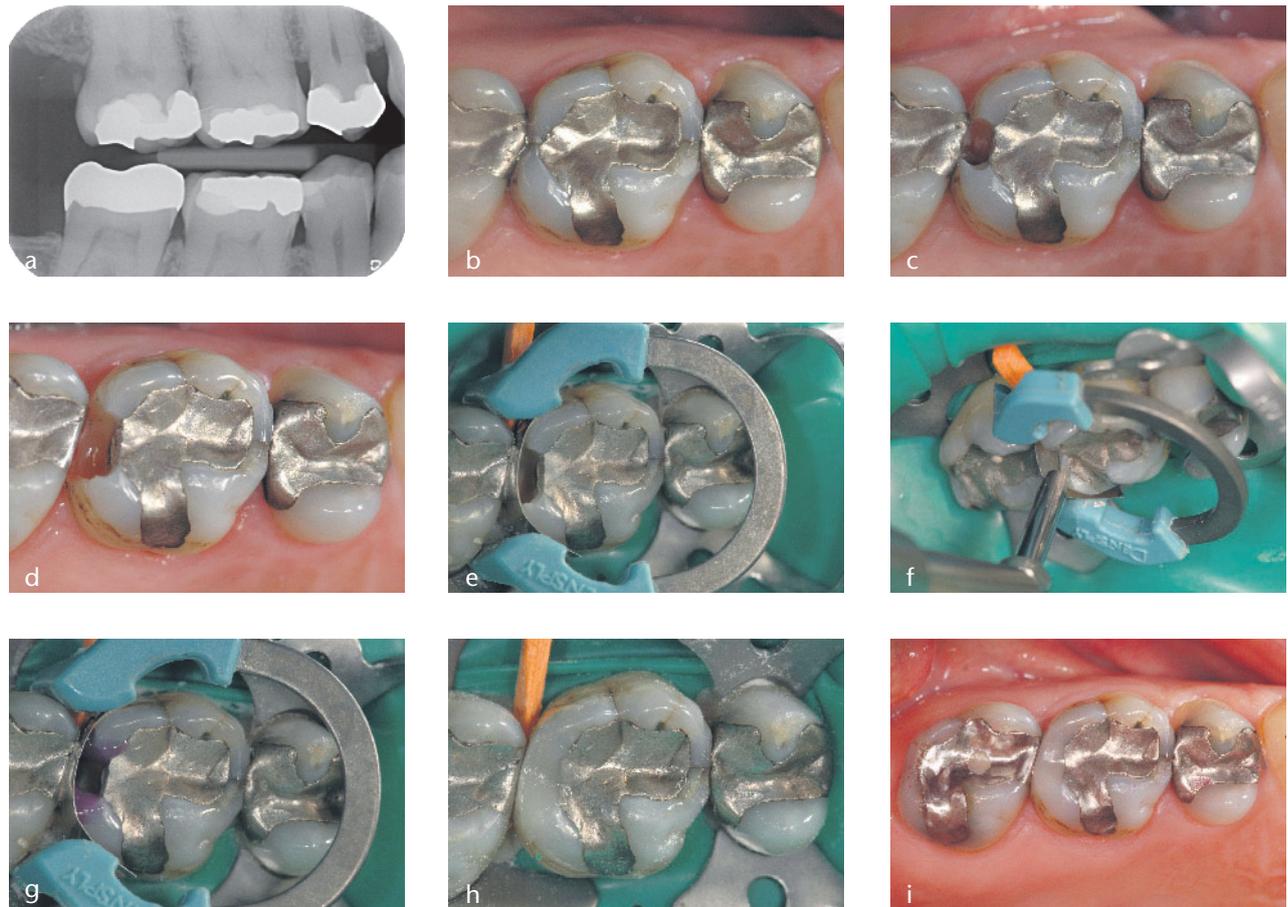
**Abbildung 3a–d** Amalgamfüllung mit Sekundärkaries und exponierter Unterfüllung am Zahn 44 vor geplanter Exzision und Implantation 45 (a). Exkavation unter Kofferdam (b). Fertige Restauration direkt (c) und 4 Jahre (d) nach Füllungstherapie, Zahn 45 immer noch in situ.  
**Figure 3a–d** Amalgam restoration with secondary caries and exposed base on tooth 44 before extraction and implantation area 45 (a). Excavation after rubber dam application (b). Polished restoration immediately (c) and 4 years post-operative (d), tooth 45 is still in situ.



**Abbildung 4a–c** „Klassische“ Indikation für eine Reparatur: Fraktur der Amalgamfüllung od (a). Defekt unter Kofferdam mit Teilmatrizen-system Palodent (Dentsply, Konstanz, b). Mit Komposit reparierte Amalgamfüllung (c).  
**Figure 4a–c** „Typical“ indication for repair: fracture of the amalgam restoration od (a). Cavity after application of rubber dam and the sectional matrix system Palodent (Dentsply, Konstanz, b). Repair of the amalgam restoration with composite (c).

mantschleifern ist dem Sandstrahlen mit Aluminiumoxid unterlegen und erreicht signifikant niedrigere Reparaturhaftwerte [12, 32]. Weiterhin besteht der Nachteil, dass beim Arbeiten mit rotierenden Instrumenten Nachbarzähne geschädigt werden können [39]. Yesilgurt et al. beschreiben auch die Anwendung von Na-

triumbicarbonat bei der Kompositreparatur [64]. Die erreichten Haftwerte auf Komposit waren *in vitro* vergleichbar mit dem Anrauen mit Diamantschleifern und dem intraoralen Sandstrahlen mit Aluminiumoxid. Da im Rahmen von Reparaturen jedoch nicht ausgeschlossen werden kann, dass auch Zahnhart-



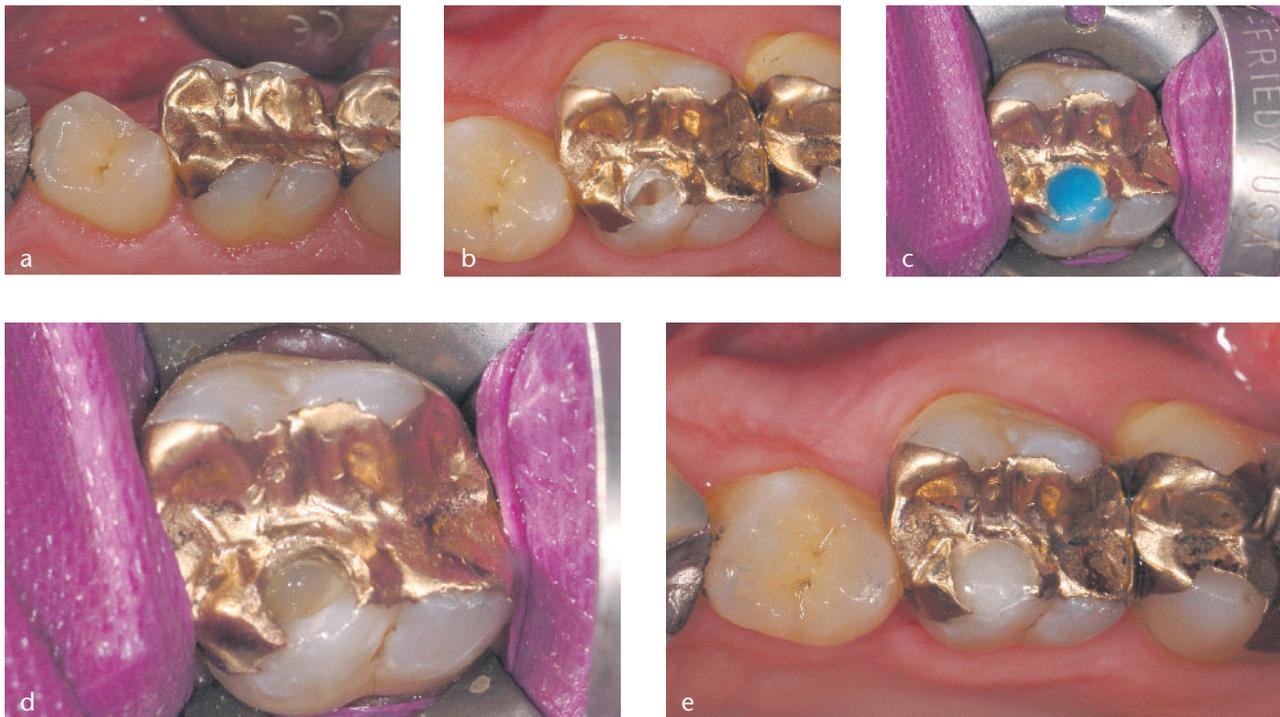
**Abbildung 5a-i** Darstellung einer Amalgamreparatur am Zahn 16 aufgrund von Approximalkaries distal, mesial Infraktion und Amalgamtätowierung (a, b). Primärpräparation (c), Exkavation und Sekundärpräparation (d), Anlage von Kofferdam und dem Teilmatrizen-system Palodent Plus (Dentsply, Konstanz) (e), Sandstrahlen der an den Defekt angrenzenden Amalgamoberfläche mit Co-Jet (3M Espe, Seefeld) (f), Konditionierung (g), fertig geschichtete Restauration nach Entfernung der Matrize (h), Endzustand nach Politur (i). Der Zahn 17 wurde bereits zu einem früheren Zeitpunkt mit einer zentralen Reparaturfüllung versehen.

**Figure 5a-i** Repair of an amalgam restoration due to caries distal, mesial infractions and discoloration of the dentin because of the amalgam restoration (a, b). Primary preparation (c), caries excavation and secondary preparation (d), application of rubber dam and the sectional matrix system Palodent Plus (Dentsply, Konstanz) (e), sandblasting of the amalgam surface adjacent to the preparation with Co-Jet (3M Espe, Seefeld) (f), etching with phosphoric acid (g), restoration after shaping and removal of the sectional matrix (h), restoration after polishing (i). The restoration on tooth 17 has been repaired earlier.

substanz exponiert wird, ist die Anwendung von Natriumbicarbonat zur mechanischen Konditionierung nicht ratsam, da die am Dentin erzielten Haftwerte wiederum dem Sandstrahlen deutlich unterlegen sind [57]. Generell stellt sich bei Beteiligung von Zahnhartsubstanz die Frage einer möglichen „Oberflächenkontamination“ durch verwendete Reparaturadhärenzen wie Silane oder das Sandstrahlen. Wird ein Silan versehentlich auf den mit Phosphorsäure konditionierten Schmelz aufgetragen, was in minimalinvasiv präparierten Kavitäten fast unweigerlich passiert, so wirkt sich dieses nicht negativ auf den Haftverbund aus, wenn anschließend ein Adhäsivsystem verwendet wird [30].

Auch für das Dentin scheint die Reihenfolge der Behandlungsschritte vor dem Auftragen des Adhäsivsystems (Konditionierung mit Phosphorsäure/Silikatisierung/Silan vs. Silikatisierung/Konditionierung mit Phosphorsäure/Silan) weniger entscheidend zu sein, da beide Testgruppen keine signifikanten Haftungsunterschiede aufwiesen [49]. Wurde jedoch keine Silikatisierung, sondern allein eine Silanisierung durchgeführt, so wurden signifikant niedrigere Haftwerte gemessen [49]. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen deutlich die Wichtigkeit der mechanischen Konditionierung bei der Kompositreparatur. Deutlich anders verhält

es sich jedoch, wenn konditionierter Schmelz mit dem Co-Jet System angestrahlt wird, hier kommt es zu drastischen Haftungseinbußen [30]. Daher sollte die Schmelzkonditionierung generell nach dem Sandstrahlen mit Aluminiumoxid oder der Anwendung des Co-Jet Systems erfolgen. Natürlich kann dann wiederum über eine mögliche Wechselwirkung zwischen einer mit dem Co-Jet System silikatisierten Oberfläche und einer Kontamination mit Wasser/Phosphorsäure diskutiert werden. Hier konnte eine kürzlich veröffentlichte Studie nachweisen, dass sowohl durch Wasserkontamination als auch durch Phosphorsäure kein negativer Ein-



**Abbildung 6a–e** Sekundärkaries am okclusal-palatalen Inlayrand 26 (a). Die Reparatur wurde im Jahr 2007 durchgeführt. Exkavation und mechanische Konditionierung mittels Siliziumkarbidsteinchen (b), Konditionierung (c) und Applikation eines Flowable (d), fertige Restauration (e).  
**Figure 6a–e** Secondary caries at the okclusal-palatal margin of a cast inlay on tooth 26 (a). The repair was performed in 2007. Excavation and surface pre-treatment with silicium-carbid bur (b), etching with phosphoric acid (c), application of a flowable (d), final restoration (e).

fluss auf die Haftwerte zu erwarten ist [59].

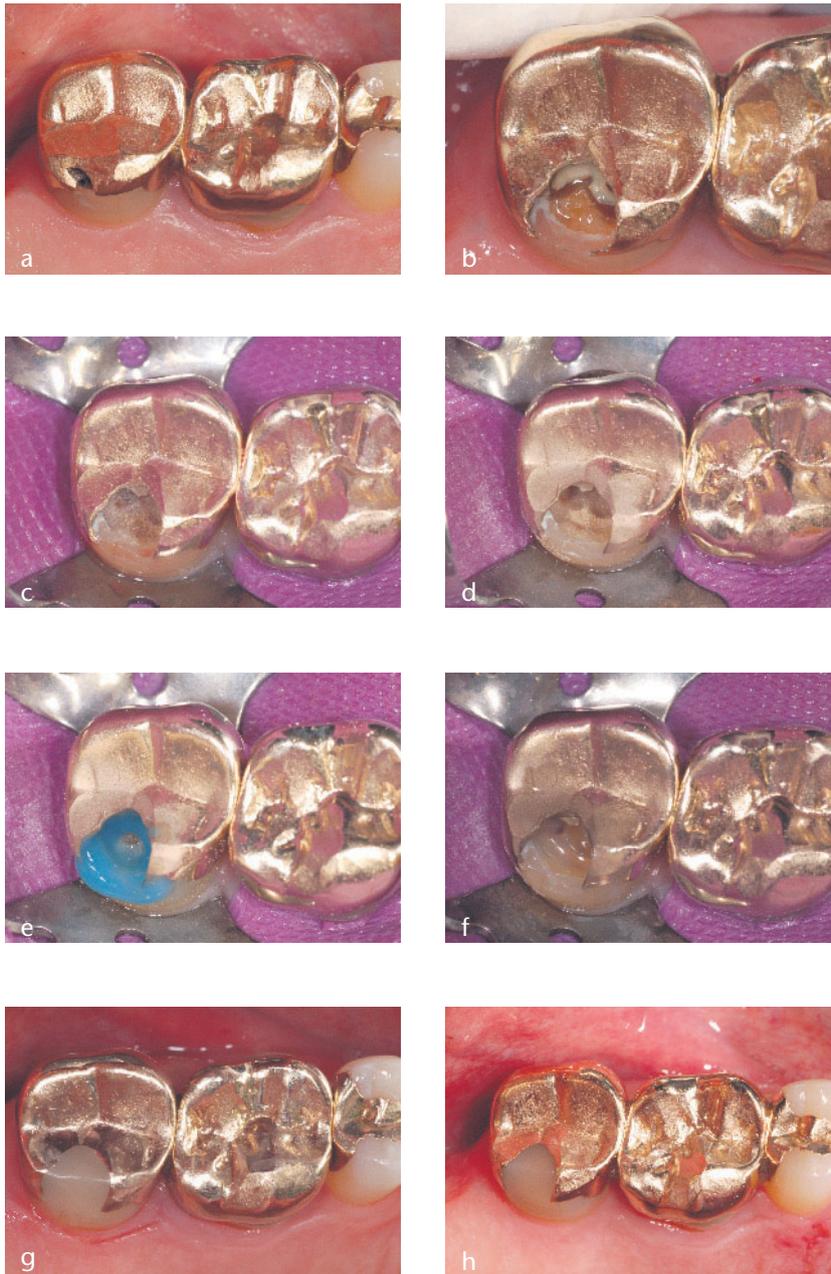
Weiterhin ist das alleinige Schaffen von Mikroretentionen bei der Kompositreparatur ausreichend; die Präparation zusätzlicher Unterschnitte im Kastenbereich oder okklusale Retentionen tragen nicht zu einem Haftungsgewinn bei [26]. Auch sollte die Präparation nicht künstlich auf die Zahnhartsubstanz ausgedehnt werden, da dieses Vorgehen keine Vorteile gegenüber der rein kompositbegrenzten Kavität bietet [22]. Von derselben Autorengruppe konnte gezeigt werden, dass bei Verwendung eines Flowable die Randqualität tendenziell, allerdings nicht signifikant besser war [26]. Mithilfe einer weiteren Studie konnte jedoch demonstriert werden, dass die Anwendung eines Flowable die interne Adaption des Komposits verbessert. Im Vergleich zur alleinigen Anwendung eines viskosen Kompositmaterials fanden sich jedoch signifikant mehr Überschüsse im Kastenbereich, wenn eine Randabschrägung vorgenommen wurde [23]. Da ohne Flowable aber die Gefahr besteht, dass signifikant mehr un-

gefüllte Randbereiche verbleiben, ist die Anwendung des Flowable auch bei der Reparatur ein sinnvoller Zwischenschritt, da Überhänge tendenziell sehr viel leichter entfernt als Unterschüsse im schwer zugänglichen Kastenbereich nachträglich gefüllt werden können („Reparatur der Reparatur“).

Aufgrund der Vielzahl an durchzuführenden Arbeitsschritten stellt sich die Frage, ob das zusätzliche Auftragen eines Silans nach mechanischer Konditionierung einen Haftungsgewinn bringt. Untersuchungsgruppen, in denen nach dem Anrauen mit Schleifpapier allein ein Adhäsivsystem aufgetragen wurde oder die zusätzlich noch mit Aluminiumoxid sandgestrahlt wurden, profitierten nicht von einem zusätzlichen Silanisierungsschritt [2]. Auch nach Vorbehandlung der Kompositoberfläche mit einem Diamantfinierer zeigte sich kein Effekt durch eine zusätzliche Silanisierung [15]. Wurden Sandstrahlen mit Aluminiumoxid und die intraorale Silikatisierung (Co-Jet) direkt miteinander verglichen, so wurden für beide Verfahren gegenüber Konditionierung mit Flusssäure und Anrauen mit

einem Diamantfinierer die höchsten Haftwerte erzielt. Die Art der weiteren Vorbehandlung war jedoch nicht entscheidend (Adhäsiv vs. Adhäsiv/Silan vs. Silan) [54]. Eine Silanisierung ist bei der Kompositreparatur also nicht zwingend erforderlich, wenn eine adäquate mechanische Konditionierung durchgeführt wurde. Ggf. bringen hier die kürzlich auf den Markt eingeführten Universal-/Multi-Mode-Adhäsive weitere Vorteile, da sie zum Teil Silankomponenten enthalten und die Anzahl der bei der Reparatur techniksensitiven Arbeitsschritte reduzieren. Erste Studienergebnisse konnten zeigen, dass diese Adhäsivsysteme zur Reparatur von Kompositen geeignet sind [59, 62], allerdings fehlen valide klinische Daten.

Das Vorgehen unserer Klinik orientiert sich weitestgehend an den von Blunck veröffentlichten Richtlinien der International Academy for Adhesive Dentistry (iaad): nach Bewertung der Primärrestauration und Präparationsmaßnahmen erfolgt die mechanische Konditionierung mittels Aluminiumoxid. Bei Beteiligung von Zahnhartsubstanz wird anschließend ein 3-Schritt



**Abbildung 7a–h** Reparatur einer Guss-Teilkronen am Zahn 17. Aufgrund von Parafunktionen massive Randimperfection und nachfolgend Sekundärkaries am palatinalen Restaurationsrand **(a)**. Darstellung der kariösen Läsion **(b)** und Exkavation **(c)**. Sandgestrahlte Oberfläche **(d)** und anschließende Konditionierung **(e)**. Nach Auftragen eines Universal-Primers (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) und des Adhäsivsystems Applikation eines Flowable **(f)**. Reparatur direkt nach Füllungstherapie **(g)** und 1,5 Jahre postoperativ **(h)**.

**Figure 7a–h** Repair of a cast partial crown on tooth 17. Due to bruxism severe marginal imperfection and secondary caries at the palatal restoration margin **(a)**. Primary preparation with caries exposure **(b)** and excavation **(c)**. Sandblasted surface **(d)** and etching with phosphoric acid **(e)**. After application of an universal primer (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) and an adhesive application of a flowable **(f)**. Repaired restoration immediately **(g)** and 1.5 years post-operative **(h)**.

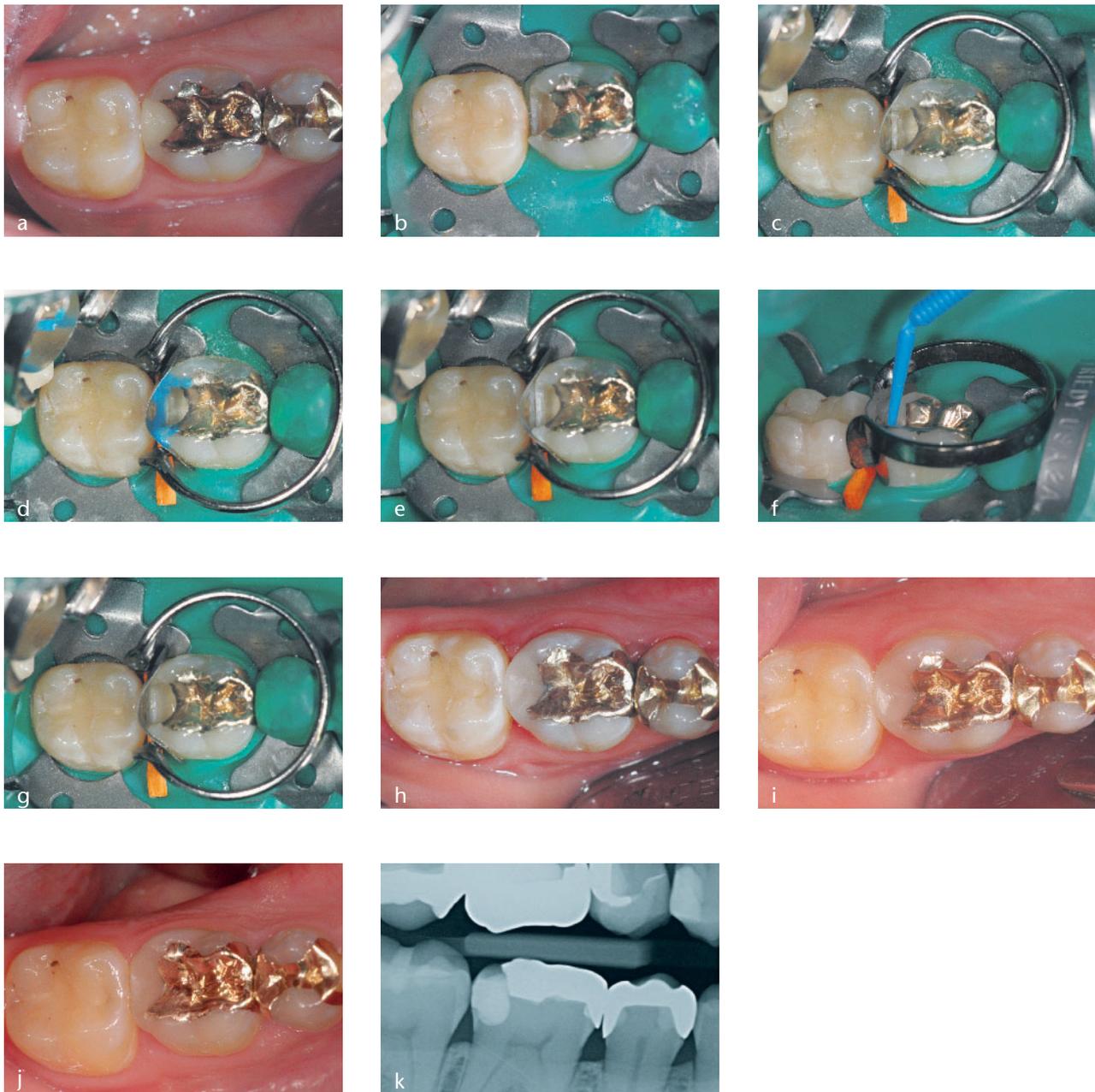
Total-Etch System eingesetzt, bei reinen Kompositdefekten nur das hydrophobe Bonding, abschließend wird nach Auftragen eines Flowable das visköse Restaurationsmaterial eingebracht [9].

### Amalgamreparatur

Amalgamrestaurationen besitzen eine jährliche Verlustquote von 3 % [42]. Anders als bei Kompositrestaurationen ist ihr primärer Versagensgrund nicht Sekundärkaries (Abb. 3a–d), sondern Frakturen der Restauration selbst (Tab. 1, Abb. 4a–c) [33, 42]. Wurden Amalgamfüllungen früher durchaus mit Amalgam repariert [44], so hat sich heute Komposit als Reparaturmaterial durchgesetzt [33], sodass wir uns im Folgenden auf Reparaturen mit Komposit beschränken werden.

Der auf Seite 102 dargestellte Fall (Abb. 5a–i) zeigt eine Reparatur einer 2-flächigen Amalgamrestauration am Zahn 16. Klinisch und röntgenologisch zeigte sich distal eine Approximalkaries (Abb. 5a, b). Neben der Karies besitzt der Zahn multiple Infraktionen mesial und vestibulär. Ein kompletter Austausch der Amalgamfüllung hätte aller Voraussicht nach zu einer Teilüberkronung des Zahnes geführt. Dieser Fall stellt sicherlich eine Grenzindikation dar, wurde aber aus Gründen der Minimalinvasivität auf Wunsch des Patienten so durchgeführt. Voraussetzung für die Entscheidung „pro Reparatur“ ist die Teilnahme des Patienten an regelmäßigen Kontrollsituationen, um ein Versagen der Primärrestauration frühzeitig zu erkennen.

Die Datenlage bezüglich möglicher Vorbehandlungen der Amalgamoberfläche ist sehr überschaubar. Eine Untersuchung von Blum et al. zeigt keine eindeutigen Ergebnisse. Zwar wurden die höchsten Verbundwerte für Sandstrahlen mit Aluminiumoxid in Kombination mit dem Alloy Primer und Panavia 21 erreicht, aber auch mit dem Co-Jet System und dem Anrauen mit einem Diamanten wurden in Abhängigkeit vom verwendeten Haftvermittler hohe Verbundwerte erreicht [4]. In einer weiteren Studie wurden die signifikant höchsten Verbundwerte für Co-Jet in Verbindung mit einem Silan und dem systemimmanenten Opaker gemessen [48]. Bei Dentinbeteiligung kann ein ähnliches Vorgehen wie bei Kompositreparaturen mit Zahnhart-



**Abbildung 8a–k** Reparatur eines alio loco angefertigten Inlays distal nach Caries profunda-Behandlung am Zahn 46. Ausgangszustand mit provisorischer Füllung od (a) und Zustand nach Exkavation (b). Defekt nach Anlage von Kofferdam und dem Teilmatrzensystem Palodent, die defektzugewandten Inlayanteile wurden sandgestrahlt (c). Selektive Schmelzkonditionierung (d) und sichtbares Ätzmuster (e). Nach Auftragen eines Silans (Monobond S, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) und des Adhäsivsystems (f) Applikation eines Flowable als Kavitätenliner (g). Restauration nach Abschluss der Füllungstherapie im Januar 2009 (h), bei einer Kontrolle im September 2013 (i) und 6 Jahre postoperativ (März 2015, j). Röntgenologisch zeigt sich ein suffizienter Randschluss der Reparaturfüllung (k).

**Figure 8a–k** Repair of an alio loco inserted cast inlay-restoration after caries profunda-treatment on tooth 46 distal. Cast restoration with temporary filling od (a) and after excavation (b). After application of rubber dam and the sectional matrix system Palodent, the restoration adjacent to the cavity were sandblasted (c). Selective enamel etching (d) and visible etch pattern (e). After application of a silan (Monobond S, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) and an adhesive (f), a flowable was placed as a cavity liner onto the bottom and the margins of the cavity (g). Restoration immediately (January 2009, h), 4.5 (September 2013, i) and 6 years post-operative (March 2015, j). Radiologically sufficient restoration (k).

substanzbeteiligung gewählt werden: nach Silikatisierung mit Co-Jet erfolgt zunächst die Konditionierung der Zahnhartsubstanz und danach die Vorbehandlung des Amalgams mit einem

Silan, abschließend wird das entsprechende Adhäsivsystem aufgetragen [50]. In jedem Falle sind „Monitoring“ oder Randversiegelungen mit einem fließfähigen Komposit mit deutlich

weniger Substanzverlust assoziiert als das Legen einer neuen Amalgamfüllung. Da beim Austausch einer Amalgamfüllung gegen Komposit weniger Substanz verloren geht, sollte als Se-



**Abbildung 9a–g** Ausgedehnte Faktur einer Keramikrestauration an Zahn 16 und insuffiziente Kontur der Kompositrestauration 17 mesial (**a**). Aufgrund der Größe der vorhandenen Restauration und den damit einhergehenden Therapiekonsequenzen (Teilkrone oder Krone) wurde eine Reparatur durchgeführt. Da es sich bei der Patientin um eine zahnärztliche Kollegin handelt, war die Teilnahme an regelmäßigen Kontrollsitzen gewährleistet. Zustand nach Exkavation, Anlage von Kofferdam, Matrize und Keil sowie intraoraler Silikatisierung (Co-jet, **b**). Die Kompositrestauration an 17 wurde zuvor rekontouriert. Selektive Konditionierung der Schmelzanteile (**c**) und Applikation eines Flowable nach Silanisierung und Auftragen des Adhäsivsystems (**d**). Zustand nach Reparatur im Mai 2006 (**e**). Eine aktuelle Bissflügelaufnahme aus dem Januar 2015 zeigt eine röntgenologisch suffiziente Reparaturfüllung (**f**). Reparatur und Primärrestauration mehr als 9 Jahre postoperativ im Januar 2015 (**g**). Erstaunlicherweise ist der Zustand der Reparaturfüllung an 16 deutlich besser als der der Kompositrestauration 17, die eine Infraktion mit Verfärbung okklusal-mesial zeigt.

**Figure 9a–g** Extensive fracture of a ceramic restoration on tooth 16 and insufficient mesial outline of the composite restoration on tooth 17 (**a**). Because of the extension of the existing ceramic restoration and resulting treatment options in case of replacement (partial crown vs. crown), the preference was given to the repair. As the patient is a dentist herself, the participation in regular control appointments was ensured. Restoration after excavation, application of rubber dam, placement of matrix and wedge and intraoral silicate coating (Co-Jet, **b**). The composite restoration on tooth 17 was reshaped beforehand. Selective enamel etching (**c**) and application of a flowable after silicate coating and adhesive application (**d**). Restoration after repair in May 2006 (**e**). A current bite-wing from January 2015 shows a radiological sufficient repair (**f**). Clinical view of the repair and the primary restoration more than 9 years post-operative in January 2015 (**g**). Astonishingly, the condition of the repair on tooth 16 is much better than that of the composite restoration on tooth 17, which shows an infraction and staining occlusal-mesial.

(Tab. 1, Abb. 1–9: A. K. Lührs)

kundärrestauration diesem Material, wenn möglich, der Vorzug gegeben werden [56].

#### Guss-Einlagefüllungen

Gold-Inlays und –Onlays besitzen mit 1,4 % sehr niedrige jährliche Verlustraten (Tab. 1) [42]. Versagt eine Guss-Einlagefüllung, so passiert dieses häufig aufgrund von Randimperfectionen oder Sekundärkaries (Abb. 6a und 7a). Auf Seite 103 ist die Reparatur eines Guss-Inlays mit Sekundärkaries im Randbereich dargestellt (Abb. 6a–e).

Wie schon 2013 von *Hickel* et al. beschrieben, existieren auch für die Reparatur von Guss-Einlagefüllungen kaum Daten. In dem sehr umfangreichen Übersichtsartikel „Repair of restorations – Criteria for decision making and clinical recommendations“ finden sich jedoch unpublizierte klinische Daten zur Reparatur von Gold-Restaurationen, wobei die Defekte nach Darstellung, Konditionierung und Auftragen eines Adhäsivsystems mit einem Flowable gefüllt wurden [33]. Nach 5,5 Jahren zeigte sich eine jährliche Verlustrate der Reparaturen von 2 % [33]. Zur Reparatur metallischer Restaurationen selbst finden sich keine *In-vitro*-Daten, jedoch existieren Studien zur Oberflächenbehandlung von Legierungen [1, 20]. Bei der mechanischen Vorbehandlung metallischer Legierung finden sich für alleiniges Sandstrahlen mit Aluminiumoxid deutlich geringere Haftwerte im Vergleich zu den Gruppen, bei denen zusätzlich ein Metal Primer eingesetzt

wurde [1]. Bei der Kombination verschiedener chemischer Vorbehandlungen nach mechanischer Konditionierung mit 50 µm Aluminiumoxid unterscheiden sich Silan und Metal Primer nicht. Anders verhält es sich beim Co-Jet System, hier sind in Kombination mit dem Metal Primer im Vergleich zum Silan signifikant niedrigere Haftwerte festgestellt worden [20]. Gegenüber einer polierten Oberfläche führt das Sandstrahlen in Kombination mit verschiedenen Metal Primern zu einer Erhöhung der Verbundwerte. Neben der mechanischen scheint bei Gusseinlagefüllungen auch die chemische Vorbehandlung die Haftwerte zu beeinflussen (Abb. 7a–h).

Der auf Seite 105 dargestellte Fall zeigt eine Inlay-Reparatur nach erfolgreich durchgeführter Caries profunda Behandlung und zweizeitiger Kariesexkavation. Eine Neuanfertigung der Restauration hätte aufgrund der vestibuloralen Defektbreite eine Teilüberkronung zur Folge gehabt. Aus Gründen der Minimalinvasivität wurde daher der Reparatur der Vorzug gegeben und regelmäßige Nachkontrollen durchgeführt (Abb. 8a–k).

### Keramik-Einlagefüllungen

Auch Keramik-Restaurationen im Seitenzahnbereich besitzen sehr niedrige jährliche Verlustraten, sie liegen je nach Material zwischen 1,7–1,9 % [42]. Hauptgründe für das Versagen von Keramik-Restaurationen sind neben Sekundärkaries große Bulk-Frakturen sowie Chipping-Frakturen (Tab. 1, Abb. 9a) [36]. Bulk-Frakturen können in der Regel nicht repariert werden und bedürfen einer Neuanfertigung. Bei Chipping-Frakturen sollte jedoch aus Gründen der Substanzschonung nach Möglichkeit der Reparatur der Vorzug gegeben werden (Abb. 1). Die Abbildungen 9a–g auf Seite 106 zeigen einen solchen Fall, hier hätte eine Neuanfertigung einen deutlichen Substanzverlust bedeutet, weshalb der Reparatur der Vorzug gegeben wurde.

Bezüglich der Keramikreparatur bietet sich dem Behandler aufgrund vieler verschiedener Keramik- und Reparatursysteme eine ähnlich verwirrende Vielzahl an Möglichkeiten, wie es sie bei der Kompositreparatur gibt. Allgemein ist zu sagen, dass kommerziell erhältliche Sets für die intraorale Reparatur von Keramik-

restaurationen, die rein auf Phosphorsäurekonditionierung, mechanischem Anrauen mittels Steinchen oder Diamant oder dem alleinigen Auftragen von Primern basieren, je nach vorliegendem Substrat sehr niedrige Haftwerte aufweisen [7, 38, 51, 53]. Aufgrund dieser Ergebnisse können sie laut *Blum* et al. nur als Interimslösung angesehen werden [7].

Sehr aufschlussreiche Ergebnisse zeigt eine Studie von *Frankenberger* et al. [24]. Der in dieser Studie durchgeführte Vergleich von 5%iger Flusssäure oder Silikatisierung (Co-Jet) zeigte für die Reparatur von Feldspath- und leuzitverstärkter Glaskeramik vergleichbare Haftwerte. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch von *de Melo* et al. und *Queiroz* et al. publiziert [13, 53]. An Lithiumdisilikatkeramik führt reines Sandstrahlen mit 50 µm Aluminiumoxid plus Silan jedoch zu deutlich niedrigeren Verbundwerten als die Anwendung von Flusssäure, teilweise kam es sogar zum Versagen des Verbundes bei der Probenherstellung [11]. Eine weitere aktuelle Untersuchung an verschiedenen Keramiksystemen (Lithium-Disilikat, leuzitverstärkte Glaskeramik, Glaskeramik aus zirkonoxidverstärktem Lithium-Silikat) zeigte signifikant höhere Haftwerte für Flusssäure-Konditionierung. Im Vergleich zum Sandstrahlen mit Aluminiumoxid.

Nach Flusssäurekonditionierung werden durch Anwendung eines Silans höhere Haftwerte an leuzitverstärkter Keramik erreicht als ohne Silan [17]. Auch *Filho* et al. und *Spohr* et al. konnten nachweisen, dass nach Flusssäurekonditionierung das Auftragen eines Silans einen entscheidenden Haftungsgewinn bringt [19, 58].

Trotz der hohen Haftwerte ist die intraorale Anwendung von Flusssäure problematisch. Bis dato wurde in der Literatur zwar kein Fall beschrieben, in dem es nach intraoraler Anwendung von Flusssäure zu Verätzungen oder Vergiftungen gekommen ist, nichts desto trotz verursachen schon geringe Konzentrationen an Flusssäure (0,1 %) Schäden und 2,5 % durch konzentrierte Säure geschädigte Körperoberfläche können ausreichen, um eine tödliche Fluoridvergiftung hervorzurufen [3]. Von den Verletzungen sind oftmals tiefere Hautschichten betroffen, außerdem können sich Läsionen bei geringeren Konzentrationen (< 20 %) erst nach 24 h zeigen, also zu einem Zeitpunkt, an dem der Patient die Praxis schon längst verlassen hat [46]. Weiterhin

besteht in der Zahnarztpraxis auch die Gefahr einer Augenverletzung, z.B. beim Absprühen der Säure mit Wasser [47]. Eine mögliche Alternative ist gepufferte Flusssäure (Porcelain Etch, Ultradent, South Jordan, USA), die für die intraorale Anwendung freigegeben ist. Eine kürzlich publizierte Studie zur Reparatur einer Press-on-Metal Keramik zeigte für zwei von drei untersuchten Reparaturkompositen keine Unterschiede zwischen Co-Jet und Porcelain Etch [35]. Bei zusätzlich exponierter Zahnhartsubstanz sollte jedoch berücksichtigt werden, dass es zu einer Abnahme der Verbundfestigkeit an Schmelz und Dentin durch eine Flusssäurekontamination kommen kann [55]. Auch hier bietet eine Arbeitsanweisung der „iaad“ gute Orientierung [46]. Die Arbeitsanweisung beschäftigt sich zwar mit dem Vorbehandlungsprotokoll bei Reparaturen am Kronenrand vollkeramischer oder metallkeramischer Kronen, die Problematik ist aber dieselbe wie bei Einlagefüllungen im Seitenzahnbereich: Bei Beteiligung von Zahnhartsubstanz verkompliziert sich das gesamte Prozedere und Wechselwirkungen zwischen den verwendeten Substanzen und der Zahnhartsubstanz sind nicht auszuschließen [46, 55, 61]. *Szep* et al. konnten rasterelektronenmikroskopisch nachweisen, dass eine Konditionierung von Dentin mit Flusssäure vor der Konditionierung mit Phosphorsäure zur Ausbildung eines amorphen Niederschlags in den Dentintubuli führt [61]. Hierbei scheint es zu einer Reaktion zwischen dem Ca<sup>2+</sup> des Dentins und dem F<sup>-</sup> aus der Flusssäure zu kommen [61]. Wird Phosphorsäure jedoch vor Flusssäure angewendet, so zeigt sich rasterelektronenmikroskopisch ein ähnliches Bild wie bei alleiniger Phosphorsäurekonditionierung. Daher wird die Applikation von Phosphorsäure vor der Flusssäurekonditionierung empfohlen [46, 55].

### Schlussfolgerung

Reparaturen stellen eine sinnvolle und minimalinvasive Ergänzung des zahnärztlichen Behandlungsspektrums dar. Kompositrestaurationen werden idealerweise mit Aluminiumoxid sandgestrahlt und mit dem jeweiligen Adhäsivsystem vorbehandelt, eine Silanapplikation ist nicht erforderlich. Auch für Amalgam- und Gusseinlagefüllungen kann diese Art der mechanischen Vorbehandlung ange-

#### Korrespondenzadresse

PD Dr. Anne-Katrin Lührs  
Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie  
und Präventive Zahnheilkunde, OE7740  
Medizinische Hochschule Hannover  
Carl Neuberg-Str. 1  
30625 Hannover  
Luehrs.Anne-Katrin@mh-hannover.de

wendet werden, allerdings sollte zur Haftungsoptimierung ein Metall- oder Universal-Primer an der metallischen Oberfläche eingesetzt werden. Für Keramik-einlagefüllungen bieten das Co-Jet System und die gepufferte Flusssäure, beide in Kombination mit einem Silan, sehr gute Haftwerte. Bei der intraoralen Anwen-

dung von Flusssäure sollte jedoch das mögliche Gefahrenpotenzial der Substanz berücksichtigt werden. Universal-/Multi-Mode-Adhäsive können zu einer Vereinfachung der Reparaturkonzepte beitragen, allerdings fehlen, wie auch für die meisten anderen Reparaturkonzepte, klinische Studien. DZZ

#### Literatur

- Abreu A, Loza MA, Elias A, Mukhopadhyay S, Looney S, Rueggeberg FA: Tensile bond strength of an adhesive resin cement to different alloys having various surface treatments. *J Prosthet Dent* 2009;101:107–118
- Bacchi A, Consani RL, Sinhoreti MA et al.: Repair bond strength in aged methacrylate- and silorane-based composites. *J Adhes Dent* 2013;15:447–452
- Bertolini JC: Hydrofluoric acid: a review of toxicity. *J Emerg Med* 1992;10:163–168
- Blum IR, Hafiana K, Curtis A et al.: The effect of surface conditioning on the bond strength of resin composite to amalgam. *J Dent* 2012;40:15–21
- Blum IR, Jagger DC, Wilson NH: Defective dental restorations: to repair or not to repair? Part 1: direct composite restorations. *Dent Update* 2011;38:78–80, 82–84
- Blum IR, Lynch CD, Schriever A, Heidemann D, Wilson NH: Repair versus replacement of defective composite restorations in dental schools in Germany. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2011;19:56–61
- Blum IR, Nikolinakos N, Lynch CD, Wilson NH, Millar BJ, Jagger DC: An in vitro comparison of four intra-oral ceramic repair systems. *J Dent* 2012;40:906–912
- Blum IR, Schriever A, Heidemann D, Mjör IA, Wilson NH: The repair of direct composite restorations: an international survey of the teaching of operative techniques and materials. *Eur J Dent Educ* 2003;7:41–48
- Blunck U: Pretreatment of composite resin surfaces for repair: why and how. *J Adhes Dent* 2013;15:592
- Bogacki RE, Hunt RJ, del Aguila M, Smith WR: Survival analysis of posterior restorations using an insurance claims database. *Oper Dent* 2002;27:488–492
- Colares RC, Neri JR, Souza AM, Pontes KM, Mendonça JS, Santiago SL: Effect of surface pretreatments on the microtensile bond strength of lithium-disilicate ceramic repaired with composite resin. *Braz Dent J* 2013;24:349–352
- da Costa TR, Serrano AM, Atman AP, Loguercio AD, Reis A: Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent* 2012;40:513–521
- de Melo RM, Valandro LF, Bottino MA: Microtensile bond strength of a repair composite to leucite-reinforced feldspathic ceramic. *Braz Dent J* 2007;18:314–319
- Deligeorgi V, Mjör IA, Wilson NH: An overview of reasons for the placement and replacement of restorations. *Prim Dent Care* 2001;8:5–11
- El-Askary FS, El-Banna AH, van Noort R: Immediate vs delayed repair bond strength of a nanohybrid resin composite. *J Adhes Dent* 2012;14:265–274
- Elderton RJ: Restorations without conventional cavity preparations. *Int Dent J* 1988;38:112–118
- Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F et al.: The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. *J Dent* 2010;38:39–43
- Fernández E, Martín J, Vildósola P et al.: Can repair increase the longevity of composite resins? Results of a 10-year clinical trial. *J Dent* 2015;43:279–286
- Filho AM, Vieira LC, Araújo E, Monteiro Júnior S: Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. *J Prosthodont* 2004;13:28–35
- Fonseca RG, Martins SB, de Oliveira Abi-Rached F, Dos Santos Cruz CA: Effect of different airborne-particle abrasion/bonding agent combinations on the bond strength of a resin cement to a base metal alloy. *J Prosthet Dent* 2012;108:316–323
- Frankenberger R: Zahnärztliche Restaurationen: Reparieren statt Ersetzen? *Zahnmedizin up2date* 2007;1:29–40
- Frankenberger R, Krämer N, Ebert J et al.: Fatigue behavior of the resin-resin bond of partially replaced resin-based composite restorations. *Am J Dent* 2003;16:17–22
- Frankenberger R, Krämer N, Pelka M, Petschelt A: Internal adaptation and overhang formation of direct Class II resin composite restorations. *Clin Oral Investig* 1999;3:208–215
- Frankenberger R, Krämer N, Sindel J: Repair strength of etched vs silica-coated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Oper Dent* 2000;25:209–215
- Frankenberger R, Roggendorf M, Ebert J: Aktuelle Aspekte zur Reparatur oder Korrektur zahnärztlicher Restaurationen. *Quintessenz* 2010;61:607–612
- Frankenberger R, Roth S, Krämer N, Pelka M, Petschelt A: Effect of preparation mode on Class II resin composite repair. *J Oral Rehabil* 2003;30:559–564
- Gordan VV, Garvan CW, Richman JS et al.: How dentists diagnose and treat defective restorations: evidence from the dental practice-based research network. *Oper Dent* 2009;34:664–673
- Gordan VV, Riley JL, Blaser PK, Mondragon E, Garvan CW, Mjör IA: Alternative treatments to replacement of defective amalgam restorations: results of a seven-year clinical study. *J Am Dent Assoc* 2011;142:842–849
- Gordan VV, Riley J, Geraldini S, Williams OD, Spoto JC 3rd, Gilbert GH: The decision to repair or replace a defective restoration is affected by who placed the original restoration: findings from the National Dental PBRN. *J Dent* 2014;42:1528–1534
- Hannig C, Hahn P, Thiele PP, Attin T: Influence of different repair procedures on bond strength of adhesive filling materials to etched enamel in vitro. *Oper Dent* 2003;28:800–807
- Hannig C, Laubach S, Hahn P, Attin T: Shear bond strength of repaired adhesive filling materials using different repair procedures. *J Adhes Dent* 2006;8:35–40
- Hemadri M, Saritha G, Rajasekhar V, Pachlag KA, Purushotham R, Reddy VK: Shear bond strength of repaired composites using surface treatments and repair materials: an in vitro study. *J Int Oral Health* 2014;6:22–25
- Hickel R, Brühshaver K, Ilie N: Repair of restorations – criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater* 2013;29:28–50
- Javidi H, Tickle M, Aggarwal VR: Repair vs replacement of failed restorations in general dental practice: factors influencing treatment choices and outcomes. *Br Dent J* 2015;218:E2
- Kanat B, Cömlekoğlu ME, Cömlekoğlu MD, Culha O, Ozcan M, Güngör MA: Microshear bond strength and finite element analysis of resin composite adhesion to press-on-metal ceramic for repair actions after various conditioning methods. *J Adhes Dent* 2014;16:63–70

36. Krämer N, Frankenberger R: Clinical performance of bonded leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after eight years. *Dent Mater* 2005;21:262–271
37. Krejci I, Lieber CM, Lutz F: Time required to remove totally bonded tooth-colored posterior restorations and related tooth substance loss. *Dent Mater* 1995;11:34–40
38. Kumbuloglu O, User A, Toksavul S, Valittu PK: Intra-oral adhesive systems for ceramic repairs: a comparison. *Acta Odontol Scand* 2003;61:268–272
39. Lussi A, Gyax M: Iatrogenic damage to adjacent teeth during classical approximal box preparation. *J Dent* 1998;26:435–441
40. Lynch CD, Blum IR, Frazier KB, Haisch LD, Wilson NH: Repair or replacement of defective direct resin-based composite restorations: contemporary teaching in U.S. and Canadian dental schools. *J Am Dent Assoc* 2012;143:157–163
41. Lynch CD, Opdam NJ, Hickel R et al.: Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry – European Section. *J Dent* 2014;42:377–383
42. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R: Buonocore memorial lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent* 2004;29:481–508
43. Mjör IA: The reasons for replacement and the age of failed restorations in general dental practice. *Acta Odontol Scand* 1997;55:58–63
44. Moncada G, Vildósola P, Fernández E et al.: Longitudinal results of a 10-year clinical trial of repair of amalgam restorations. *Oper Dent* 2015;40:34–43
45. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC: Longevity of repaired restorations: a practice based study. *J Dent* 2012;40:829–835
46. Özcan M: Surface conditioning protocol for multiple substrates in repair of cervical recessions adjacent to ceramic. *J Adhes Dent* 2014;16:394
47. Özcan M, Allahbeickaraghi A, Dündar M: Possible hazardous effects of hydrofluoric acid and recommendations for treatment approach: a review. *Clin Oral Investig* 2012;16:15–23
48. Özcan M, Koolman C, Aladag A, Dündar M: Effects of different surface conditioning methods on the bond strength of composite resin to amalgam. *Oper Dent* 2011;36:318–325
49. Özcan M, Pekkan G: Effect of different adhesion strategies on bond strength of resin composite to composite-dentin complex. *Oper Dent* 2013;38:63–72
50. Özcan M, Schoonbeek G, Gökçe B, Cömlekoglu E, Dündar M: Bond strength comparison of amalgam repair protocols using resin composite in situations with and without dentin exposure. *Oper Dent* 2010;35:655–662
51. Özcan M, Valandro LF, Amaral R, Leite F, Bottino MA: Bond strength durability of a resin composite on a reinforced ceramic using various repair systems. *Dent Mater* 2009;25:1477–1483
52. Pallesen U, van Dijken JW, Halken J, Hallonsten AL, Höigaard R: A prospective 8-year follow-up of posterior resin composite restorations in permanent teeth of children and adolescents in Public Dental Health Service: reasons for replacement. *Clin Oral Investig* 2014;18:819–827
53. Queiroz JR, Souza RO, Nogueira Junior LJ, Ozcan M, Bottino MA: Influence of acid-etching and ceramic primers on the repair of a glass ceramic. *Gen Dent* 2012;60:e79–e85
54. Rodrigues SA Jr, Ferracane JL, Della Bona A: Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater* 2009;25:442–451
55. Saracoglu A, Özcan M, Kumbuloglu O, Turkun M: Adhesion of resin composite to hydrofluoric acid-exposed enamel and dentin in repair protocols. *Oper Dent* 2011;36:545–553
56. Sardenberg F, Bonifácio CC, Braga MM, Imparato JC, Mendes FM: Evaluation of the dental structure loss produced during maintenance and replacement of occlusal amalgam restorations. *Braz Oral Res* 2008;22:242–246
57. Soares CJ, Pereira JC, Souza SJ, Menezes MS, Armstrong SR: The effect of prophylaxis method on microtensile bond strength of indirect restorations to dentin. *Oper Dent* 2012;37:602–609
58. Spohr AM, Sobrinho LC, Consani S, Sinhoreti MA, Knowles JC: Influence of surface conditions and silane agent on the bond of resin to IPS Empress 2 ceramic. *Int J Prosthodont* 2003;16:277–282
59. Stawarczyk B, Krawczuk A, Ilie N: Tensile bond strength of resin composite repair in vitro using different surface preparation conditionings to an aged CAD/CAM resin nanoceramic. *Clin Oral Investig* 2014 [Epub ahead of print]
60. Stoll R, Sieweke M, Pieper K, Stachniss V, Schulte A: Longevity of cast gold inlays and partial crowns – a retrospective study at a dental school clinic. *Clin Oral Investig* 1999;3:100–104
61. Szep S, Gerhardt T, Gockel HW, Ruppel M, Metzeltin D, Heidemann D: In vitro dentinal surface reaction of 9.5% buffered hydrofluoric acid in repair of ceramic restorations: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent* 2000;83:668–674
62. Tantbirojn D, Fernando C, Versluis A: Failure strengths of composite additions and repairs. *Oper Dent* 2014 [Epub ahead of print]
63. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ: Minimal intervention dentistry – a review. *FDI Commission Project 1–97. Int Dent J* 2000;50:1–12
64. Yesilyurt C, Kusgoz A, Bayram M, Ulker M: Initial repair bond strength of a nano-filled hybrid resin: effect of surface treatments and bonding agents. *J Esthet Restor Dent* 2009;21:251–260