



Ein nicht-mechanistischer Behandlungsansatz: Das adhäsive Gestaltungskonzept

**Autor: Douglas A. Terry
Karl F. Leinfelder
Alejandro James**

[Erstveröffentlichung: *Pract Proced Aesthet Dent* 2006;18(6):385-391]

Fortschritte bei der Zusammensetzung von Restaurationsmaterialien und den Adhäsiv-Verfahren haben die Behandlungsmöglichkeiten für die Zahnärzte erweitert und neue geschaffen. Auf Grund dieser Entwicklung finden Komposite mit zunehmender Häufigkeit Anwendung für Seitenzahnrestaurationen. Um diese Restaurationen erfolgreich erstellen zu können, benötigt der Zahnarzt Kenntnisse über die Grundprinzipien der Auswahl restaurativer Materialien, der Kavitätengestaltung, des Adhäsiv-Verfahrens und der Komposit-Anwendung. Dieser Artikel stellt die entsprechenden Betrachtungen für die Platzierung einer Klasse I-Seitenzahnrestauration an.

Lernziele

Dieser Artikel erörtert ein für die Anwendung moderner Mikrohybrid-Komposite geeignetes und Zahnschonendes Gestaltungskonzept. Durch die Lektüre dieses Artikels sollte der Leser:

- Eingehende Kenntnisse über die modernen Adhäsiv-Verfahren besitzen, um Langzeit-Erfolge mit Komposit-Restaurationen erzielen zu können.
- Die Faktoren, die die Polymerisationsschrumpfung und die Auswirkungen der Schrumpfschwermetalle beeinflussen, sowie Methoden zur Bewältigung dieser Schwierigkeiten kennen.

Schlagnworte: Adhäsiv, Komposit, Präparation, Mikrohybrid.

In den letzten Jahren hat es dramatische Veränderungen im zahnärztlichen Verständnis des kariösen Prozesses und seiner Behandlung gegeben, mit verminderter Inzidenz und weniger schwerwiegender Ausprägung der Karies sowie Möglichkeiten zur Feststellung kariöser Veränderung mit chemischen Substanzen. Dies hat die Autoren veranlasst, herkömmliche restaurative Leitsätze in Frage zu stellen, von denen viele nicht mehr zeitgemäß sind. Das Prinzip „*extension for prevention*“ (Ausdehnung [der Kavität] zur Vorbeugung) ist dem Gebot einer „*adhäsiven Präparationsgestaltung*“ gewichen, einem zahnschonenderen Ansatz der Präparation. [1,2] Klassische Methoden zur Unterscheidung kariöser Läsionen von Verfärbungen sind ergänzt worden durch chemische Markierungsstoffe, verbesserte Lichtsysteme und Sehhilfen, die zur Erweiterung der zahnärztlichen diagnostischen Fähigkeiten eingesetzt werden. [3]

Unglücklicherweise folgen viele Zahnärzte auch mit modernen Restaurationsmaterialien veralteten Verfahrensschemata und wundern sich dann, warum immer wieder Undichtigkeiten, Karies-Rezidive und Überempfindlichkeiten auftreten. Die Auswirkung dieser Fehlorientierung könnte einer der Gründe für die relativ kurze Lebensdauer von Komposit-Restaurationen in der allgemein Zahnärztlichen Praxis sein. [1]

Fortschritte in Materialwissenschaft und Adhäsivtechnik erfordern auf Seiten der Zahnärzte und Zahnärztinnen bei der Gestaltung adhäsiver Restaurationen Veränderungen des für nicht-adhäsive Materialien angewandten Restaurationsverfahrens. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Gesichtspunkte Diagnose, Materialauswahl, Kavitätengestaltung, Verfahren zur Materialapplikation, Pulpenschutz, Ausarbeitung und Maßnahmen zur Erhaltung. [2] Das adhäsive Gestaltungskonzept setzt die Auswahl adhäsiver, bioaktiver Restaurationsmaterialien, vereinfachte Regeln zur Präparationsform und Methoden und Verfahrensweisen zur präzisen Applikation voraus. Dieses Gestaltungskonzept war von entscheidender Bedeutung für den Paradigmenwechsel vom Prinzip der „Ausdehnung zur Vorbeugung“ zum Leitsatz „Vorbeugung zur Vermeidung der Ausdehnung“.

Auswahl des Restaurationsmaterials

Bei der Auswahl eines Komposit-Materials geben die durchschnittliche Füllerpartikelgröße, der Fülleranteil und die Größenverteilung der Füllerpartikel Hinweise für den angemessenen Einsatz von Komposit-Materialien. Wenn in der Vergangenheit ein Restaurationsergebnis mit optimalen physikalischen und mechanischen Eigenschaften erzielt werden sollte, konnte das Dilemma einer Entscheidung zwischen Hybrid- oder mikrogefülltem Komposit oft nur durch die kombinierte Anwendung beider Materialien gelöst werden.

Die Entwicklung der mehrschichtigen Restauration aus verschiedenen Komposit-Materialklassen (z.B. Hybrid, mikrogefüllt) führte Zahnärzte und Hersteller zur Erforschung von Restaurationsmaterialien, die nicht nur analog der natürlichen Gewebestruktur angewendet werden, sondern auch ähnliche Eigenschaften aufweisen, wie die natürliche Zahnschubstanz.

Neuere Rezepturen für Hybrid-Komposite mit kleineren Füllerpartikeln (z. B., Venus, Heraeus Kulzer; Filtek Supreme, 3M Espe) bieten Variationen von Partikelgröße, -form und -ausrichtung, die zur Verbesserung ihrer physikalischen, mechanischen und optischen Eigenschaften führen. [4] So erhält der Zahnarzt Restaurationsmaterialien, die modelliert werden können und dabei hohe Bruchfestigkeit, gute Farbstabilität und dauerhaften Oberflächenglanz nach der Politur aufweisen. [5]

So braucht der Zahnarzt bei der Schichttechnik mit Mikrohybrid-Kompositen im Rahmen von Diagnose und Behandlungsplanung nur das gewünschte Endergebnis einzubeziehen, nicht jedoch die Lokalisation des jeweiligen Zahn- oder Restaurationsbereiches, anders als dies häufig bei der Schichtung von Hybrid- und mikrogefüllten Materialien der Fall war. Dementsprechend müssen Zahnärzte beim Aufbau von korrekter Form und Ästhetik der Restauration nur noch die Farbparameter beachten.



Abb. 1: Okklusalanzeige vor der Behandlung. Defekte Amalgamfüllungen mit Sekundärkaries. Vitalitätsprüfung und Röntgenaufnahmen dienen zur differentialdiagnostischen Abklärung.

Darüber hinaus erlaubt die Anwendung moderner Mikrohybrid-Komposite eine die Zahnschubstanz schonende Kavitätengestaltung (Abbildungen 1 bis 3). Dies beruht darauf, dass sich die Materialauswahl auf einen einzigen Werkstoff beschränken kann, ein Universal-Mikrohybrid-Komposit mit verbesserten physikalischen, mechanischen und optischen Eigenschaften, die denen der natürlichen Zahnschubstanz nahe

kommen. [5,6] Deshalb ist es – anders als bei einer Schichttechnik mit Hybrid- und mikrogefülltem Komposit – nicht erforderlich, die Bruchfestigkeit der Restauration durch die Erhöhung des Volumenanteils von Füllungsmaterial in der Verbundzone mit Hilfe der Präparation zu erhöhen. Außerdem wird in Situationen, bei denen keine erhöhten Platzanforderungen zur Einbeziehung von Farbwirkungen Berücksichtigung finden müssen (z.B. Verwendung der natürlichen Dentinfarbe), mit einer die Zahnschubstanz stärker schonenden Präparation eine zusätzliche Schicht mikrogefülltes Komposit überflüssig, da die Mikrohybrid-Komposite verbesserte Polierbarkeit und beständigere Politurergebnisse aufweisen. [7,8]



Abb. 2: Die Farbauswahl mit Hilfe des Venus 2Layer-Farbsystems (Heraeus Kulzer) erfolgte vor dem Anlegen des Kofferdams.



Abb. 3: Ansicht der fertig gestellten Präparation.

Adhäsive Kavitätengestaltung

Für Komposit-Restaurationen werden die Kavitätenpräparationen im Hinblick auf die Adhäsivtechnik durchgeführt. [9,10] Die Zahnart (d. h., Molar, Prämolare, Schneidezahn) sollte dabei ebenso berücksichtigt werden, so wie Lokalisation, Ausdehnung und Art der kariösen Läsion. Andere Überlegungen sollten die jeweils unterschiedliche Behandlung kariöser versus nicht kariöser oder bisher nicht restaurierter Zähne versus Austausch vorhandener Restaurationen betreffen. Der Zahnarzt sollte auch die Lagebeziehung zwischen Schlussbissposition und Restaurationsrändern bestimmen, um die Platzierung zentraler Okklusionskontakte außerhalb oder auf der Restaurationsoberfläche zu erleichtern. Bei der abschließenden Betrachtung sollten die Art des Restaurationsverfahrens, Menge und Zustand noch vorhandener Zahnschubstanz und die darauf wirkenden mechanischen Kräfte, Vorhandensein von Schäden in der Ästhetikzone und die Möglichkeiten zur Ausdehnung der Präparation in diesen sichtbaren Bereich einbezogen werden. [11]

Die folgenden allgemeinen Richtlinien sollten für die direkte Erst- oder Austausch-Versorgung von Klasse I-Kavitäten mit Komposit befolgt werden:

- Kariöses Dentin kann mit langsam und schnell laufenden Hartmetallbohrern und Löffel-Exkavatoren entfernt werden. Die Präparation beschränkt sich auf den Zugang zu Läsion oder Defekt, denn Komposit-Materialien benötigen geringere Schichtstärken zur Stabilisierung gegen Brüche als Amalgam. [12]
- Nach der Entfernung von sämtlichen kariösen Schmelzanteilen und Amalgamverfärbungen sollte die Gestaltung des okklusalen Umrisses ausreichenden Zugang zum kariösen Dentin und für das Einbringen des Restaurations-Materials bieten.
- Die Breite der Präparation sollte so gering wie möglich ausfallen, da der Verschleiß direkt abhängig von den Abmessungen ist. [2] Außerdem kann eine vergrößerte oro-vestibuläre Ausdehnung zur Beteiligung der zentralen Stützzonen führen.
- Gesunde Zahnschubstanz sollte ausschließlich dann entfernt werden, wenn der okklusale Umriss die Ausdehnung über die bereits angesprochenen zentralen Okklusionskontakte hinaus erfordert.
- Der Okklusalarand der Kavität sollte nicht abgeschrägt werden. Dadurch wird die Oberfläche der Präparation vergrößert und kann sich auf die zentralen Stützzonen erstrecken, so dass die Restauration schneller verschleißt. [2,13] Bei okklusal sehr stark ausgedehnten Kavitäten sollte allerdings eine Abschrägung in Erwägung gezogen werden.
- Um eine bessere Anlagerung des Komposits zu ermöglichen, sollten alle Innenwinkel gerundet werden und alle inneren Oberflächen der Kavität glatt sein, entsprechend der Oberflächenstruktur, die ein üblicher Rosenbohrer hinterlässt. [14]

Adhäsiv-Verfahren

Um einen Adhäsivverbund zwischen Zahnhartgeweben (d.h. Schmelz und Dentin) und Kunststoff zu ermöglichen, ist die chemische Konditionierung von Schmelz und Dentin mit Säuren zu einer klinischen Standardmaßnahme in der adhäsiven Zahnheilkunde geworden (Abbildung 4). Die Entfernung der Schmierschicht erhöht die Oberflächenenergie und verändert den Mineralgehalt des Zahnhartgewebes, so dass anschließend aufgetragene Haftvermittler (Primer) und Kunststoffe eindringen können. Der Mechanismus der Adhäsion ist für Schmelz und Dentin ähnlich – eine mikromechanische Verzahnung von Monomeren mit den Mikroporositäten des Schmelzes oder den Interfibrillarräumen des Dentinkollagens, die durch die Auflösung mineralisierter Gewebe mit Säure entstanden sind. Bei der Einschätzung des Erfolgs einer Restauration gewinnt die durch diese Maßnahme erreichte Randdichtigkeit höchste Bedeutung, denn ein intakter Verbund zwischen Restauration und Zahnschubstanz ist entscheidend, um das Eindringen von Bakterien zu vermeiden und das hydrodynamische Gleichgewicht des Dentin-Pulpa-Komplexes in der Verbundzone aufrecht zu erhalten.



Abb. 4: Nach Anätzen mit 32%iger Phosphorsäure in Semi-Gelform (Uni-Etch, Bisco) und 15 Sekunden langem Abspülen wurde ein Ein-Komponenten-Adhäsiv (GLUMA Comfort Bond + Desensitizer, Heraeus Kulzer) appliziert.

Um einen Adhäsivverbund mit Dentin zu erreichen, können zwei verschiedene Verfahren eingesetzt werden. Die Total-Etch-Methode arbeitet mit Säuren, die die oberflächliche Dentinschicht demineralisieren. Die Säure entfernt die Schmierschicht und öffnet die Dentinkanälchen, erhöht die Dentinpermeabilität und dekalzifiziert das intertubuläre und peritubuläre Dentin. Die Entfernung mineralisierter Gewebeanteile (d.

h., von Hydroxylapatitkristallen) hinterlässt ein Netz freiliegender Kollagenfasern, die das tiefer liegende, demineralisierte Dentin bedecken. [15,16]

Beim Verfahren mit selbst-ätzendem Primer erfolgen Entfernung der Schmierschicht und Eindringen eines sauren Monomers in das demineralisierte Dentin gleichzeitig. Die Dekalzifizierung der anorganischen Gewebsanteile und die Infiltration der Kollagenfasern laufen mittels dieser Technik gleichzeitig ab. Auf diese Weise wird das Risiko einer unvollständigen Benetzung demineralisierter Dentinbereiche mit Adhäsivmonomeren vermindert. Außerdem wird der Kollaps von Kollagenfasern vermieden, der bei der Total-Etch-Technik nach Konditionierung und Trocknung auftreten kann. Der Kunststoff kann geringfügig (d. h., 0,1 µm bis 0,5 µm) in die Schmierschicht und das Dentin eindringen und kopolymerisieren. [17]

Beide Adhäsiv-Verfahren ermöglichen die Ausbildung einer mit Kunststoff verstärkten Zone (d. h., der Kunststoff-Dentin-Interdiffusionszone oder Hybridschicht) als Haupt-Verbundmechanismus vieler aktueller Adhäsivsysteme. [15,16] Diese Hybridisierung freiliegenden Dentins mit einem Adhäsivsystem wird von einigen für den wirkungsvollsten Mechanismus zum Schutz des Dentin-Pulpa-Komplexes gehalten. Der Verbund zwischen Komposit und Zahnschmelze bietet Schutz gegen mikroskopische Undichtigkeit und verankert die Restauration. Durch die Polymerisation entstandene Schrumpfspannungen können von der Adhäsivschicht durch elastische Ausdehnung absorbiert werden. So bewirkt die Hybridisierung nicht nur eine Spannungsentlastung in der restaurativen Verbundzone zwischen Komposit und Dentin, sondern verhindert auch Hypersensibilitäten. [18,19] Daraus resultieren verbesserte Dichtigkeit von Randschluss und Verbundfläche mit verminderter Spaltbildung.

Verfahren und Vorgehensweisen zum Einbringen des Komposits

Eine entscheidende Voraussetzung für eine erfolgreiche adhäsive Verankerung direkter Restaurationen ist die Isolierung des Zahnes. Die beste Methode zur Trockenlegung ist das Anlegen von Kofferdam. Kontaminationen von Schmelz und Dentin mit Speichel, intraoraler Atemfeuchtigkeit, Blut oder Sulkusflüssigkeit können durch Verminderung der Verbundfestigkeit und Adhäsion zum Zahn die Langzeitstabilität von Adhäsiv-Restaurationen beeinträchtigen. Zahlreiche Untersuchungen berichten über mikroskopische Undichtigkeiten, verminderte Adhäsion und verringerte Verbundfestigkeit durch Kontamination von Schmelz mit Speichel, Feuchtigkeit oder Sulkusflüssigkeit. [20-22]

Inkrementelle Schichttechnik verbessert die Kontrolle des Zahnarztes über Kondensation, Verdichtung, Randadaptation und Polymerisation des Komposit-Materials und die Ausbildung des Adhäsiv-Verbundes. Das Schichten ermöglicht außerdem die Vermeidung von Überhängen in den approximalen Bereichen, vermindert die Auswirkungen der Polymerisationsschrumpfung, erlaubt die Ausrichtung des Polymerisationslichtleiters auf die jeweilige Komposit-Schicht und die Erzielung optimierter anatomischer Formen der Restauration. [23,24]

Viele Restaurationsverfahren und Innovationen sind entwickelt worden, um die Unzulänglichkeiten durch eine mangelhafte Randsichtigkeit zu vermeiden. Dazu gehören Licht reflektierende Keile [25], Veränderungen der Position des Polymerisationslichtleiters [25], die Verwendung von Aufsätzen zum Stopfen und Polymerisieren [26,27] und andere [28-31], jeweils in Kombination mit Mehrschichttechniken (z.B. horizontal, vertikal, schräg, in drei Abschnitten, von außen nach innen) abhängig von Typ und Umfang der Kavitätenpräparation.

Die Auswahl der geeigneten Komposit-Applikationstechnik setzt ein angemessenes Verständnis der Folgen von Polymerisationsschrumpfung voraus. Der klinische Langzeiterfolg ist abhängig von der Aufrechterhaltung eines intakten Adhäsiv-Verbundes und dichten Randabschlusses zwischen Zahnhartgewebe und Restauration. Beide sind entscheidend für den Langzeiterfolg von Komposit-Seitenzahnrestaurationen. [32] Die Polymerisationsschrumpfung der Kunststoffmatrix kann die Dimensionsstabilität beeinträchtigen. [33] Die Umwandlung der Monomermoleküle zu einem vernetzten Polymer ist verbunden mit einer dichteren Molekülanordnung. Sie führt zu einer Schrumpfung. [36] Wird ein polymerisierbarer Kunststoff an starre Strukturen wie die Zahnoberfläche gebunden, muss diese Schrumpfung zu erhöhten Zugspannungen, Biegebelastungen oder Spaltbildungen in der adhäsiven Verbundzone führen. [33] Die Schrumpfspannungen werden auf die umgebenden Zahnstrukturen übertragen, da diese die Dimensionsänderungen räumlich begrenzen. [34] Einige Faktoren, die die Polymerisationsschrumpfung

beeinflussen, sind Komposit-Typ, Füllerpartikelgehalt [34], Elastizitätsmodul des Materials, Polymerisationscharakteristika [35], Kavitätengeometrie [36], sowie Leistung und Wellenlänge des zur Polymerisation des Kunststoffes eingesetzten Lichtes. [37]

Die Polymerisationsschrumpfung kann zu mikroskopischen Undichtigkeiten, Brüchen, Verfärbungen, Sekundärkaries und Überempfindlichkeitsreaktionen führen. [33,38,39] Um die Schrumpfungsspannung zu vermindern, können bei der Auswahl von Restaurationsmaterialien, die einer Schrumpfung unterworfen sind, zusätzliche Mittel zur Spannungsverminderung Berücksichtigung finden: Liner-/Base-Materialien können angewendet werden, um als Stoßdämpfer zu fungieren (Abbildung 5), [40] bei geeigneter Kavitätengestaltung kann selektives Bonding eingesetzt werden, die Lichtleistung des Polymerisationsgerätes kann vermindert werden. [36] Auch eine Kombination von selektivem Bonding und inkrementeller Schichttechnik mit kleinen Komposit-Materialportionen vermindert die Spannungsbelastung der Verbundzone (Abbildungen 6 bis 13). Der Einsatz von Polymerisations-Modi mit reduzierter Lichtleistung trägt durch die Steuerung der Plastizität (Fließfähigkeit) der Restauration im Verlauf der Polymerisation zur Verminderung der Polymerisationsschrumpfung bei, ohne die im Endeffekt zu erreichende mechanische Festigkeit der Restauration zu beeinträchtigen. [41, 42]



Abb. 5: Ein fließfähiges Komposit der Farbe B2 (Venus Flow, Heraeus Kulzer) wurde als Kräfte aufnehmende Liner-Schicht zwischen Adhäsiv und Komposit eingebracht und 40 Sekunden lang lichtpolymerisiert.



Abb. 6: Kompositmasse der Farbe B1 (Venus, Heraeus Kulzer) wurde als linguale Schmelzhülle platziert, mit einem Marderhaarpinsel geglättet und 40 Sekunden lang lichtpolymerisiert.



Abb. 7: Mit einer Schrägschichttechnik wurde ein Mikrohybrid-Composit (Venus, Heraeus Kulzer) der Farbe OB2 (opak) auf die gegenüberliegenden Kavitätenwände aufgebracht, zum Kavitätenboden hin ausgestrichen und lichtpolymerisiert.

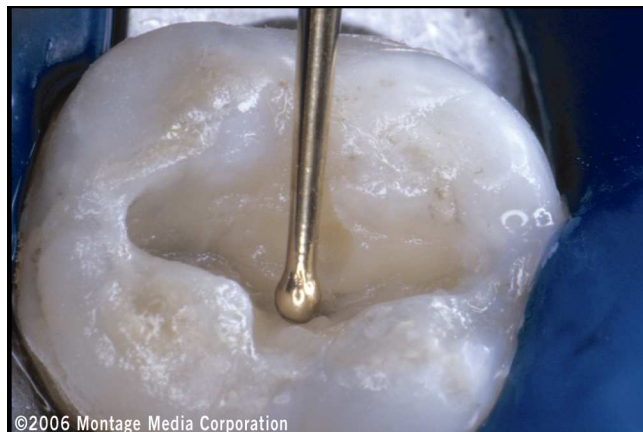


Abb. 8: Das Mikrohybrid-Komposit (Venus, Heraeus Kulzer) wurde mit einem Instrument mit kugelförmigem Arbeitsende eingebracht. Die Lichthärtung erfolgte anschließend durch den Höcker hindurch, um eine gerichtete Schrumpfung des Materials in Richtung auf die Verbundzone zu erzielen und so den Randschluss zu verbessern.



Abb. 9: Als erste Schmelzschicht wurde ein Hybrid-Komposit (Venus, Heraeus Kulzer) der Farbe B1 aufgebracht und solange das Material noch weich war, mit einer Sonde strukturiert, um Leisten und Fissuren zu erzeugen.

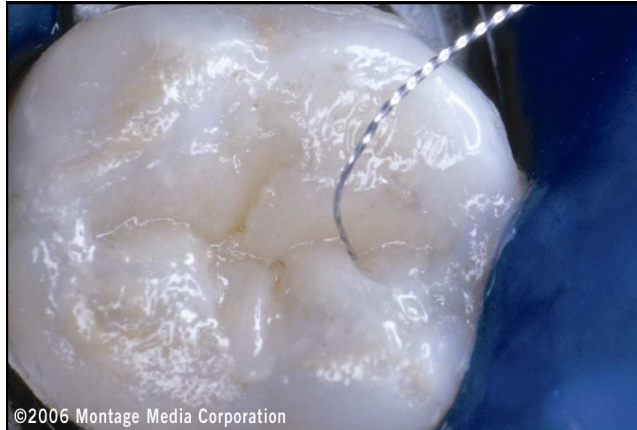


Abb. 10: Mit einem Wurzelkanalinstrument wurde an einzelnen Stellen entsprechend dem Farbschema braune Effektfarbe (Signum Creactive, Heraeus Kulzer) platziert.



Abb. 11: Die abschließende Schmelzschicht aus transparentem Hybrid-Komposit (T2, Venus, Heraeus Kulzer) wurde in idealer anatomischer Form ausmodelliert.

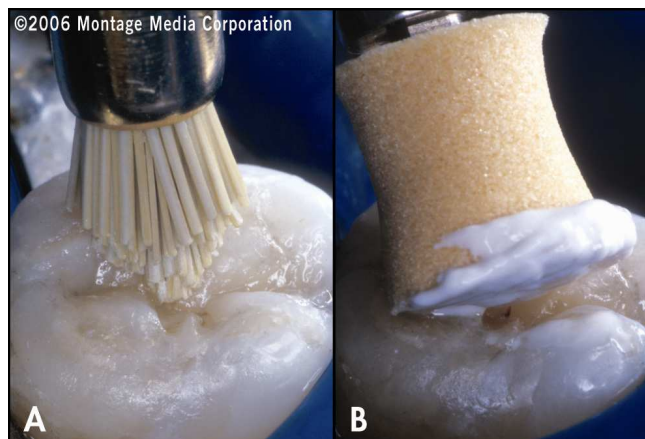


Abb. 12a: Die Politur wird mit Bürstchen ausgeführt, die mit Siliziumkarbid imprägniert sind.

Abb. 12b: Durch Anwendung einer Komposit-Polierpaste mittels eines Schaumstoffkelches wird Hochglanz erreicht.



Abb. 13: Die Ansicht des Behandlungsergebnisses zeigt einen intakten Verbund und fließende Übergänge zwischen Restauration und Zahnschubstanz.

Schlussfolgerung

Der mechanistische Behandlungsansatz der Vergangenheit wandelt sich zu biologisch orientierten Konzepten, Strategien und Gestaltungen. Das adhäsive Gestaltungskonzept beschreibt die Grundsätze für die Kavitätengestaltung und Ausführung adhäsiver Restaurationen. Dieses Konzept konstatiert die Abhängigkeit der Kavitätengestaltung von der Auswahl des Biomaterials für die Restauration [43], berücksichtigt aber auch den Zusammenhang zwischen Adhäsivverbund und Polymerisationsschrumpfung innerhalb dieser Materialien und die Möglichkeiten zu ihrer Beeinflussung mit Hilfe von Platzierungstechniken und Adhäsiv-Verfahren. Dementsprechend kann die korrekte Auswahl und Anwendung von Biomaterialien mit gründlichen und präzisen Adhäsiv-Techniken und Methoden zur gezielten Einbringung des Füllungsmaterials die Lebensdauer solcher Restaurationen unmittelbar positiv beeinflussen. Die Industrie entwickelt nach wie vor verbesserte Materialien und Verfahren. Der Zahnarzt sollte die Anwendung des hier erörterten adhäsiven Gestaltungskonzeptes bei der Erprobung neuer Produkte und Methoden berücksichtigen.

Literatur

1. Qvist V, Qvist J, Mjor IA. Placement and longevity of tooth-colored restorations in Denmark. *Acta Odontol Scand* 1990;48(5): 305-311.
2. Leinfelder KF. Using composite resin as a posterior restorative material. *J Am Dent Assoc* 1991;122(4):65-70.
3. Laswell HR, Welk DA. Rationale for designing cavity preparations. *Dent Clin North Am* 1985;29(2):241-249.
4. Terry DA, McGuire MK, McLaren E, et al. Perioesthetic approach to the diagnosis and treatment of carious and noncarious cervical lesions: Part II. *J Esthet Restor Dent* 2003;15(5):284-296.
5. Terry DA. Contemporary composite resins. In: Terry DA. *Natural Aesthetics With Composite Resin*. Mahwah, NJ: Montage Media Corporation; 2004:21-37.
6. Terry DA, Leinfelder KF. An integration of composite resin with natural tooth structure: The class IV restoration. *Pract Proced Aesthet Dent* 2004;16(3):235-42.
7. Strassler HE. Insights and innovations. *J Esthet Dent* 1992; 177-179.
8. Bichacho N. Direct composite resin restorations of the anterior single tooth: Clinical implications and practical applications. *Compend Contin Educ Dent* 1996;17(8):796-802.
9. Lutz FU, Krejci I, Oddera M. Advanced adhesive restorations: The post-amalgam age. *Pract Periodont Aesthet Dent* 1996;8(4): 385-394.
10. Dietschi D, Spreafico R. *Adhesive Metal-Free Restorations: Current Concepts for the Esthetic Treatment of Posterior Teeth*. Berlin, Germany: Quintessence Publishing; 1999.
11. Wilson NH, Dunne SM, Gainsford ID. Current materials and techniques for direct restorations in posterior teeth. *Int Dent J* 1997;47(4):185-193.
12. Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann HO, Sturdevant JR. *The Art and Science of Operative Dentistry*. 3rd ed. St. Louis, MO: Mosby-Year Book; 1995.

13. Isenberg BP, Leinfelder KF. Efficacy of beveling posterior composite resin preparations. *J Esthet Dent* 1990;2(3):70-73.
14. Small, BW. Direct posterior composite restorations—State of the art 1998. *Gen Dent* 1998;46(1):26-32.
15. Swift EJ Jr, Perdigão J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int* 1995;26(2):95-110.
16. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, et al. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 1992;71(8):1530-1540.
17. Eick JD, Robinson SJ, Chappell RP, et al. The dentinal surface: Its influence on dentinal adhesion. Part III. *Quintessence Int* 1993;24(8):571-582.
18. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent* 1998;26(1):1-20.
19. Lindberg A, van Dijken JWV, Hörstedt P. Interfacial adaptation of a Class II polyacid-modified resin composite/resin composite laminate restoration in vivo. *Acta Odont Scand* 2000;58(2): 77-84.
20. Evans T, Silverstone LM. The effect of salivary contamination in vitro on etched human enamel. *J Dent Res* 1981;60:621(Abstract No. 1247).
21. Barghi N, Knight GT, Berry TG. Comparing two methods of moisture control in bonding to enamel: A clinical study. *Oper Dent* 1991;16(4):130-135.
22. Young K, Hussey M, Gillespie F, et al. In vitro studies of physical factors affecting adhesion of fissure sealant to enamel. In: Silverstone LM, Dogon IL, eds. *Proceeding of the International Symposium on Acid Etch Technique*. St. Paul, MN: North Central Publishing Co, 1975.
23. Kovarik RE, Ergle JW. Fracture toughness of posterior composite resin fabricated by incremental layering. *J Prosthet Dent* 1993;69(6):557-560.
24. Versluis A, Douglas WH, Cross M, et al. Does an increment filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res* 1996;75(3):871-878.
25. Kays BT, Sneed WD, Nuckles DB. Microhardness of class II composite resin restorations with different matrices and light positions. *J Prosthet Dent* 1991;65(4):487-490.
26. Dietschi D, Magne P, Holz J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. *Quint Int* 1994;25(10):659-677.
27. Jorgensen K, Hisamitsu H. Class 2 composite restorations: Prevention in vitro of contraction gaps. *J Dent Res* 1984;63(2): 141-145.
28. Bowen RL, Setz LE. Posterior composite restorations with novel structure. *J Dent Res* 1986;65:797(Abstract No. 642).
29. Spreafico R. Direct resin composite restorations in posterior teeth. In: *Minimally Invasive Restorations with Bonding*. Degrange M, Roulet JF. Quintessence Publishing, Carol Stream, IL;1997: 51-59.
30. Krejci I, Lutz F, Krejci D. The influence of different base materials on marginal adaptation and wear of conventional Class II composite resin restorations. *Quint Int* 1988;19(3):191-198.
31. Dietschi D, Scampa U, Campanile G, Holz J. Marginal adaptation and seal of direct and indirect Class II composite resin restorations: An in vitro evaluation. *Quintessence Int* 1995;26(2): 127-138.
32. Bouschlicher MR, Cobb DS, Boyer DB. Radiopacity of compomers, flowable and conventional resin composites for posterior restorations. *Oper Dent* 1999;24(1):20-25.
33. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer based restoratives. *J Dent* 1997;25(6):435-446.
34. Venhoven BAM, de Gee AJ, Davidson CL. Polymerization contraction and conversion of light-curing BisGMA-based methacrylate resins. *Biomaterials* 1993;14(11):871-875.
35. Quellet D. Considerations and techniques for multiple bulk-fill direct posterior composites. *Compend Contin Educ Dent* 1995;16(12):1212,1214-1226.
36. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 1987;66(11):1636-1639.
37. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, Davidson CL. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Euro J Oral Sci* 1995;103(5):322-326.
38. Bausch JR, de Lange K, Davidson CL, et al. Clinical significance of polymerization shrinkage of composite resins. *J Prosthet Dent* 1982;48(1):59-67.
39. Asmussen E. Composite restorative resins. Composition versus wall-to-wall polymerization contraction. *Acta Odontol Scand* 1975;33(97):337-344.

40. Bertolotti RL. Posterior composite technique utilizing directed polymerization shrinkage and a novel matrix. *Pract Periodont Aesthet Dent* 1991;3(4):53-58.
41. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, et al. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restorationcavity interface. *Euro J Oral Sci* 1995;103(5):322-326.
42. Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerization at reduced rate. *Scand J Dent Res* 1991;99(5): 440-444.
43. Terry DA, Geller W. Selection Defines Design. *J Esthet Restor Dent* 2004;16(4):213-225.

Heraeus Kulzer GmbH
Grüner Weg 11
63450 Hanau
Phone 0800 43 72-522
Fax 0800 43 72-329
info.dent@heraeus.com
www.heraeus-kulzer.com