

DAVID GERDOLLE<sup>1</sup>  
STÉPHANE BROWET<sup>2</sup>  
MARCO GRESNIGT<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Privatpraxis, Montreux, Schweiz

<sup>2</sup> Privatpraxis, Brüssel, Belgien

<sup>3</sup> Leiter der Abteilung für restaurative Zahnheilkunde und Biomaterialien, University Medical Center Groningen, Zentrum für Zahnheilkunde und Mundhygiene, Universität Groningen, Niederlande

#### KORRESPONDENZ

Dr. David Gerdolle  
Grand Rue 90  
CH-1820 Montreux  
Tel. +41 21 963 00 33  
E-Mail:  
cabinetgerdolle@gmail.com



## Die Langlebigkeit adhäsiv befestigter, indirekter Restaurationen: das «No-finishing Concept»

#### SCHLÜSSELWÖRTER

Zahnrestaurationen, Prothetik, Adhäsivtechnik, Isolation, Finishing der Ränder

**Bild oben:** Das Glätten der Ränder vor der Polymerisation des Befestigungskomposits verringert die Notwendigkeit zusätzlicher Nachbearbeitungen, wodurch glattere und damit langlebigere Ränder erzielt werden können.

#### ZUSAMMENFASSUNG

In den letzten 30 Jahren hat die Entwicklung der Adhäsivtechniken es ermöglicht, bei indirekten Restaurationen mit Adhäsiv-Verfahren (Onlays und Veneers) die Zahnschubstanz zu schonen. Diese Klebetechniken sind jedoch weiterhin anspruchsvoller als das Einsetzen konventionell zementierter prothetischer Versorgungen. Einer der wichtigsten Faktoren für die Langlebigkeit indirekter,

adhäsiver Restaurationen ist, dass sich keine bakterielle Plaque auf ihrer Oberfläche bildet. In diesem Sinne wird in diesem Artikel ein klinisches Protokoll beschrieben, mit dem sehr glatte Ränder erzielt werden können, ohne die herkömmlichen, zeitaufwändigen und umständlichen Poliertechniken anzuwenden.

## Einleitung

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich der Verbund zwischen der Zahnhartsubstanz und zahnmedizinischen Materialien laufend verbessert. Somit bietet die adhäsive Zahnmedizin inzwischen eine absolut verlässliche Alternative zu herkömmlichen, zementierten prothetischen Versorgungen. Da Adhäsivtechniken weniger invasiv sind, begünstigen sie den Erhalt der Zahnsubstanz. Dies ist insbesondere deshalb von Vorteil, weil die Lebenserwartung der Patienten weiterhin steigt.

So kann bei abgenutzten, restaurierten oder bei von Karies stark geschädigten Front- und Seitenzähnen die verloren gegangene Zahnstruktur mittels Klebverfahren rekonstruiert und gleichzeitig verstärkt werden. Die heutige restaurative Zahnmedizin hat daher zum Ziel, anatomisch-histologische Strukturen des natürlichen Zahngewebes in biomechanischer und ästhetischer Hinsicht zu verbessern (BAZOS & MAGNE 2011, 2014).

Dennoch ist die prothetische Versorgung mit Adhäsivtechniken anspruchsvoll und die obligatorische Verwendung von Kompositen als Befestigungsmaterial macht die Einhaltung strenger klinischer Protokolle und eine sorgfältige Pflege erforderlich. Insbesondere müssen Materialien auf Kunststoffbasis, die in einer bakteriell besiedelten Umgebung verwendet werden, möglichst passgenau eingesetzt und gut poliert werden. Dies hat zum Ziel, die Besiedelung mit bakterieller Plaque zu begrenzen, da diese Materialien bekanntermassen günstige Substrate für ein Bakterienwachstum sind (PAOLANTONIO ET AL. 2004). Besonders sorgfältig muss auf die Ränder im Klebebereich geachtet werden, um einen möglichst glatten Randschluss zu erzielen. Dies ist jedoch eine schwierige Aufgabe, da bei jeder Ausarbeitung des Rands die Oberfläche erneut aufräut und nur sehr schwer oder gar nicht wieder zu glätten ist (PAULO SILVA ET AL. 2021).

In diesem Sinne wird in diesem Artikel ein Protokoll für die adhäsive Befestigung von Restaurationen vorgestellt, das das Ausarbeiten überflüssig macht und bei dem ein Polieren erst ganz am Ende des Klebevorgangs empfohlen wird. Wir haben diesen Ansatz das «No-finishing Concept» genannt. Er umfasst drei Schritte:

1. Eine wirksame Isolierung des Operationsfeldes mithilfe von Kofferdam, um den zu versorgenden Bereich in einer kontaminationsfreien Umgebung darzustellen
2. Verwendung visköser Restaurationskomposite für die Klebeverbindung, da es bei diesen Materialien leichter ist, nicht polymerisiertes überschüssiges Material zu entfernen als bei dünnflüssigeren Kompositen
3. Verwendung von lichtpolymerisierbaren Befestigungsmaterialien unter Einhaltung eines Protokolls zur stufenweisen Aushärtung. Dieses ermöglicht es dem Behandler, überschüssiges Material sorgfältig zu entfernen und die Ränder zu glätten, bevor das Material aushärtet.

## Weitgehende Isolierung des Operationsfeldes

Obwohl die Literatur kaum wissenschaftliche Belege für den Nutzen der Isolierung des Operationsfeldes mit Kofferdam liefert, ermöglicht die durchdachte Anwendung von Kofferdam eine höhere Effizienz bei kürzerer Behandlungsdauer (BROWET & GERDOLLE 2017, 2019).

Um das Finishing der Ränder zu vermeiden, ist die Isolierung in zweifacher Hinsicht sinnvoll:

1. Sie ermöglicht eine optimale Sicht auf die Ränder der prothetischen Versorgung und erleichtert den Zugang für die

Instrumente auch in proximalen Bereichen. Zu diesem Zweck ist eine möglichst grosse Darstellung des Operationsfeldes durch eine Quadrantenisolation die effektivste Technik. Es wird empfohlen, mindestens einen distalen und zwei mesiale Zähne der Präparationen einzubeziehen, wenn dies möglich ist. Dadurch wird vermieden, dass die Befestigungsklammer am zu bearbeitenden Zahn sitzt und dass Falten des Kofferdams auf der lingualen Seite die Arbeit behindern. Unserer Meinung nach ist es am besten, den Kofferdam mindestens bis zur Mittellinie zu verlängern (Abb. 1). Wenn es den-



**Abb. 1** Grossflächige Isolierung pro Quadrant: Ein möglichst grossflächig isoliertes Operationsfeld und eine starke Gingivaretraktion bieten eine bessere Sicht auf die Ränder und erleichtern den Zugang für die Instrumente.



**Abb. 2** Mit der Verwendung einer Klammer mit flachem Austrittsprofil (13A) und reduzierter mesio-distaler Breite lässt sich das Risiko verringern, dass sie bei der Handhabung der Instrumente und/oder beim Einsetzen der prothetischen Versorgung im Weg ist. Die Ligaturen ermöglichen eine zusätzliche Gingivaretraktion, während die Interdentalkeile die Zähne an ihrer ursprünglichen Position halten, indem sie dem disto-mesialen Zug durch den Kofferdam entgegenwirken.



**Abb. 3** Überprüfen der Positionierung der prothetischen Versorgung: Die Unterseiten der prothetischen Versorgungen werden im Vorfeld vom Labor angeätzt. Um eine Kontamination der Oberflächen zu vermeiden und den Arbeitskomfort zu maximieren, werden die Versorgungen erst nach dem Anlegen des Kofferdams einprobiert; dabei werden die proximalen Kontaktpunkte und der Randschluss überprüft. Entscheidend ist auch, dass die Interdentalkeile das Positionieren der prothetischen Versorgungen nicht behindern.

noch notwendig ist, an einem Zahn mit einer Klammer zu arbeiten, kann der Kofferdam in unmittelbarer Nähe der Ränder mittels eines Klammertyps mit einem sehr flachen Austrittsprofil abgeflacht werden. Ausserdem minimiert die Wahl einer Klammer, deren mesio-distaler Durchmesser kleiner ist als die mesio-distale Breite des Zahns, das Risiko, dass sie beim Instrumentieren und/oder beim Einsetzen von prothetischen Versorgungen im Weg ist. Darüber hinaus ermöglicht die Verwendung eines dickeren Kofferdams mit Perforationen mit kleinem Durchmesser und Ligaturen an den präparierten Zähnen und deren Nachbarzahn bzw. -zähnen eine starke Gingivaretraktion in den strategisch wichtigen Bereichen. Die dafür erforderliche starke Retraktionskraft geht jedoch mit dem Risiko einer Zahnwanderung einher. Um Zahnbewegungen zu verhindern, werden nach dem Einsetzen des Kofferdams Interdentalkeile eingesetzt (Abb. 2). Die prothetischen Versorgungen werden dann anprobiert, wobei sorgfältig darauf zu achten ist, dass der zur Isolierung angelegte Kofferdam die einzusetzenden Versorgungen nicht behindert (Abb. 3).

2. Sie stellt eine bessere Abdichtung um die präparierten Zähne herum sicher, da zur Optimierung der Eigenschaften von Kompositmaterialien eine Umgebung ohne direkte Kontamination (Speichel, Blut, Sulkusflüssigkeit) und indirekte Kontamination (Atmung des Patienten) erforderlich ist (PASHLEY ET AL. 1982; ELKASSAS & ARAFA 2016).

## Verwendung von viskösen Kompositen als Befestigungsmaterial

Bei der Wahl des Befestigungskomposits wird intuitiv ein Material mit geringer Viskosität gewählt, da der Widerstand beim Einsetzen der prothetischen Versorgung gering ist und es dadurch sicher gelingt, es komplett einzusetzen. Allerdings geht mit einer sehr flüssigen Konsistenz naturgemäss eine mangelnde Stabilität einher, und es ist zudem schwieriger, vor der Lichtpolymerisation überschüssiges Material vollständig zu entfernen. Um diese letzte Klippe zu umschiffen, schlagen einige Autoren vor, die Polymerisationslampe zunächst nur sehr kurz (etwa eine Sekunde lang) einzusetzen, um das flüssige Komposit in die sogenannte Gelphase zu versetzen, sodass die Überschüsse ähnlich wie bei einem konventionellen Befestigungszement leicht entfernt werden können. In der Theorie klingt das zwar verführerisch, doch in der Praxis beeinträchtigt dieses Verfahren die Qualität der Befestigung erheblich, da dabei das Material ungleichmässig aus dem Randbereich herausgerissen wird (NAVES ET AL. 2020). Im Gegensatz dazu bietet die adhäsive Befestigung mit einem höher viskösen Restaurationskomposit, die 1995 eingeführt wurde (BESEK ET AL. 1995), unbestreitbare klinische Vorteile. Zum Beispiel eine bemerkenswerte Stabilität der einzusetzenden Versorgung vor der Lichtpolymerisation, verbesserte biomechanische Eigenschaften, eine höhere Abriebfestigkeit und vor allem ein einfaches Entfernen des überschüssigen Materials (SCHULTE ET AL. 2005; KRAMER & FRANKENBERGER 2005). Darüber hinaus wurde in neueren Artikeln der Nachweis erbracht, dass sie *in vitro* (KAMAYEMA ET AL. 2015; GRESNIGT ET AL. 2017) und *in vivo* (GRESNIGT ET AL. 2019; VAN DEN BREEMER ET AL. 2021) eine höhere Haftkraft und Langlebigkeit aufweisen. Eine gute Verklebung ist bei dünnflüssigerem Befestigungskomposit ebenso gewährleistet wie bei einem Komposit mit zähflüssiger Konsistenz. Das letzte Kriterium für die Auswahl des Materials ist somit die Frage nach der klinischen Durchführung.

Falls ein Restaurationskomposit mit hoher Viskosität gewählt wird, vorzugsweise in Form von Karpulen, sollte es, gemäss den Empfehlungen des Herstellers, wenige Minuten vor dem Einsetzen der Restauration auf eine Temperatur zwischen 40 und 60 °C vorgewärmt werden, um die Viskosität zu reduzieren. Die so erzielte cremige Konsistenz ermöglicht ein einfaches Einsetzen unter festem manuellem Druck (Abb. 4). Einige Autoren empfehlen die Anwendung von Ultraschall, um das Einsetzen zu unterstützen und so die Breite des Randspalts zu reduzieren (FALACHO ET AL. 2022). Nachdem wir jedoch beide Techniken angewendet und dabei keine klinischen Unterschiede (insbesondere in Bezug auf die Okklusion) festgestellt haben, ziehen wir es derzeit vor, keine, in der prothetischen Arbeit schwer zu kontrollierende, Ultraschallenergie zu verwenden. Wenn das erste Einsetzen erfolgt ist, werden die groben Überschüsse sofort entfernt und weiterhin manueller Druck ausgeübt, um sicherzustellen, dass die prothetische Arbeit korrekt sitzt.

In Fällen, in denen mehrere Versorgungen im selben Quadranten eingeklebt werden müssen, kann es sinnvoll sein, alle Teile gleichzeitig einzusetzen (Abb. 4). Da Präparationen für adhäsiv befestigte Restaurationen nur wenig oder gar nicht geometrisch sind, ist es Zufall, ob die prothetischen Elemente direkt präzise positioniert werden. Wenn die Elemente gleichzeitig eingesetzt werden, richten sich die Teile wie von selbst aneinander aus, und zwar durch einfache manuelle Führung durch den Behandler. Diese Befestigungstechnik kann jedoch bei der Verwendung von dünnflüssigen Materialien beim Entfernen von überschüssigem Material zu Problemen führen, was wiederum für die Verwendung von höher viskösen Materialien für die adhäsive Befestigung spricht.

## Stufenweise Lichtpolymerisation

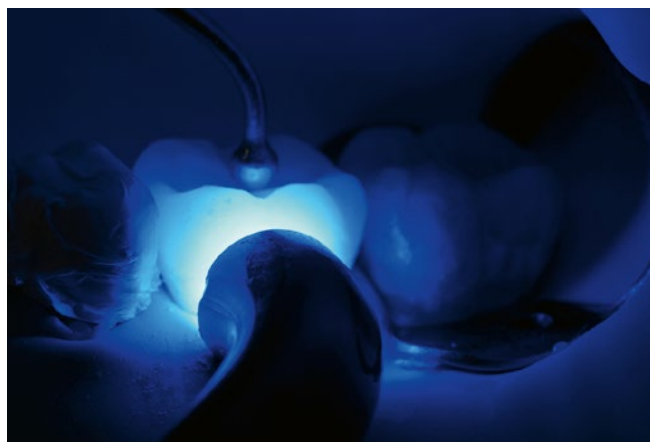
Neben der Viskosität ist es ebenso entscheidend, dass das Befestigungsmaterial die Eigenschaft besitzt, erst zum gewünschten Zeitpunkt auszuhärten. Damit bleibt mehr Zeit, und die Qualität des Randschlusses kann verbessert werden. Idealerweise werden photopolymerisierbare Materialien mit einer hohen natürlichen Resistenz gegen eine vorzeitige Lichtpolymerisation unter Umgebungslicht bevorzugt. Ihre Verwendung als Befesti-



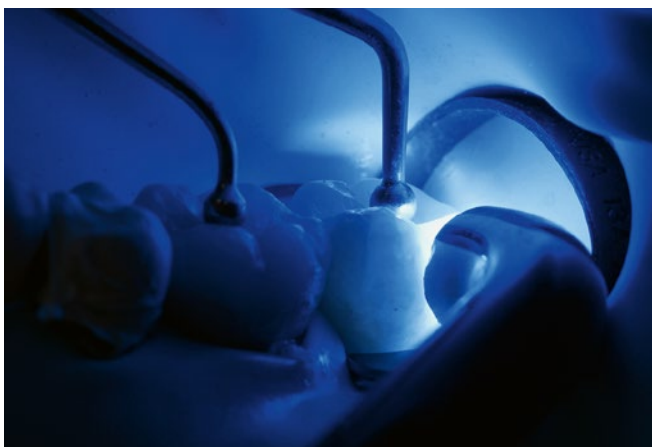
**Abb. 4** Verwendung von vorgewärmtem höher viskösem Restaurationskomposit und gleichzeitiges Einsetzen der Versorgung: Die Elemente werden unter manuellem Druck positioniert und grobe Überschüsse werden sofort entfernt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Interdentalkeile beim ersten Einsetzen in Position gehalten werden, um eine optimale Positionierung der Onlays zu gewährleisten.



**Abb. 5** Glätten der Ränder vor der Lichtpolymerisation: Ein nur sehr leicht mit Modellierflüssigkeit (hier Modeling Resin™, GC) befeuchteter Pinsel wird zum Glätten des für den Behandler am besten zugänglichen Randabschnitts verwendet.



**Abb. 7** Kurze selektive Lichtpolymerisation schrittweise von distal nach mesial in den zuvor sorgfältig geglätteten Randbereichen.



**Abb. 6** Erste Lichtpolymerisation: Durch eine kurze Lichtpolymerisation mit geringer Intensität (5 Sekunden mit ca. 300–500 mW/cm<sup>2</sup>) wird die prothetische Versorgung an ihrer Position fixiert. Dadurch wird das Halten unter Druck überflüssig, und der Behandler hat eine zusätzliche freie Hand, um mit der Befestigung fortzufahren.



**Abb. 8** Optionale Verwendung einer Kollimationsspitze, um den bei der ersten Polymerisation belichteten Bereich zu reduzieren. Wenn der Zugang dies zulässt, wird die Kollimationsspitze an der Spitze der Polymerisationslampe (hier Valo™, Ultradent) befestigt. Dadurch lässt sich eine gezieltere Aushärtung des Befestigungsmaterials erreichen.

gungsmittel wird jedoch immer noch diskutiert (JUNG ET AL. 2006; KRAMER ET AL. 2009). Insbesondere bei dickwandigen oder ausgedehnten Restaurationen wird in einigen Studien argumentiert, dass die Verwendung dieser Materialien zu einer Verringerung des Konversionsgrades führen könnte (KAMEYAMA ET AL. 2015; GOLBERG ET AL. 2016). Diese Schwierigkeit kann jedoch umgangen werden, indem die für die Restauration geeignete Gesamtenergie zur Lichtpolymerisation gewählt wird (PRICE 2017). Darüber hinaus ist allgemein bekannt, dass auch der Behandler selbst Einfluss auf die klinischen Ergebnisse hat (FRANKENBERGER ET AL. 2009). In dieser Hinsicht bietet die Verwendung eines höher viskösen, lichtpolymerisierbaren Restaura-tionskomposits einen höheren Arbeitskomfort und ist somit weniger anfällig für Anwendungsfehler.

Aber wie geht man konkret vor, um die Versorgung gleichzeitig einzusetzen, in Position zu halten, alle Materialüberschüsse zu entfernen und unmittelbar danach mit der Lichtpolymerisation zu beginnen? Beim sogenannten «No-finish»-Protokoll werden Schwierigkeiten vermieden, wenn die folgende Reihenfolge der Arbeitsschritte eingehalten wird:

- Überschüssiges Befestigungskomposit gleich in den ersten Sekunden nach dem Einsetzen grob entfernen (Abb. 4).

- Den festen und konstanten manuellen Druck (oder Instrumentendruck) auf die Versorgung in seiner endgültigen Position aufrechterhalten, während die letzten Überschüsse auf der Seite des Randes entfernt werden, die der Behandler am besten sehen kann, und die je nach behandeltem Zahn, Art der Präparation und Position des Behandlers variieren kann.
- Diesen gut sichtbaren Teil des Rands mit einem Pinsel, der nur leicht mit einem dünnflüssigen, hydrophoben Komposit (Typ Modellierkomposit) befeuchtet ist, glätten (Abb. 5).
- Den so geglätteten Teil punktuell mit möglichst geringer Leistung (normalerweise 5 Sekunden lang bei etwa 300–500 mW/cm<sup>2</sup>) polymerisieren (Abb. 6). Auf diese Weise wird der restliche Teil der Versorgung, der noch nicht von Überschüssen befreit bzw. geglättet wurde, noch nicht ausgehärtet.
- Die einzelnen Elemente werden nacheinander auf die gleiche Weise von distal nach mesial fixiert (Abb. 7). Wenn alle Versorgungen nacheinander mit kurzen, selektiven Lichtpolymerisationen an ihrer endgültigen Position fixiert sind, ist das Festhalten der Elemente nicht mehr nötig, und der Behandler hat beide Hände frei und kann den restlichen, noch nicht polymerisierten Rand der Versorgung mit einem Pinsel nacharbeiten. Wenn genug Platz ist, kann eine Kollimationsspitze



**Abb. 9** Endgültige Lichtpolymerisation: Unter konstanter Kühlung werden vorzugsweise zwei Polymerisationslampen verwendet, wobei die exponierten Bereiche mit gekreuzten Lichtstrahlen abgefahren werden, um eine tiefe und gleichmäßige Polymerisation zu erreichen. Hier wurden transparente Interdentalkeile (Luciwedge™, Kerr) verwendet, da diese eine bessere Verbreitung des Lichts in den proximalen Bereichen ermöglichen.



**Abb. 11** Primäre Okklusion: Da sowohl beim Präparieren als auch beim Befestigen darauf geachtet wird, dass die ursprüngliche Position der Zähne erhalten bleibt und die Behandlungsdauer kurz sowie der Ablauf vorhersehbar ist, ist normalerweise keinerlei Nachbesserung der Okklusion erforderlich.



**Abb. 10a und 10b** Ansicht nach vollständiger Polymerisation und vor dem abschliessenden Polieren. Das Nachbearbeiten der Ränder ist überflüssig, zum Abschluss ist nur noch eine Hochglanzpolitur erforderlich.



**Abb. 12** Die abschliessende Röntgenaufnahme bestätigt die gute Passung der eingesetzten Teile und dass kein überschüssiges Befestigungsmaterial mehr vorhanden ist.

verwendet werden, die am Ende der Polymerisationslampe befestigt wird. So wird der Bereich, der der Polymerisation ausgesetzt ist, noch weiter reduziert (Abb. 8).

- Wenn alle Ränder mit dem Pinsel bearbeitet wurden, wird eine abschliessende Lichtpolymerisation des gesamten versorgten Zahns unter konstanter Kühlung durchgeführt (zuerst Luft, dann nach 30 Sek. Luft/Wasser und/oder unter Glyzerinöl) (Abb. 9). Eine Gesamtenergie von 300 000 mJ/cm<sup>2</sup> zur Lichtpolymerisation (d.h. pro Zahn) wird allgemein als notwendig und ausreichend angesehen, um

eine hohe Konversionsrate zu erreichen (PRICE 2017). Diese Leistung kann erreicht werden, indem der zu behandelnde Zahn ständig oder zeitweise abgefahren wird. Vorzugsweise mit zwei Härtelampen gleichzeitig, um die Lichtstrahlen zu kreuzen. Wenn man zum Beispiel zwei Lampen verwendet, die je eine Leistung von 1000 mW/cm<sup>2</sup> liefern, erreicht man in 2,5 Minuten eine Gesamtenergie von 300 000 mJ/cm<sup>2</sup>. Als Anhaltspunkt bestätigt die neuere Literatur, dass äquivalente Polymerisationszeiten auch nötig sind, um mit sogenannten Dual-Cure-Befestigungsmaterialien, d.h. chemo- und photopolymerisierbaren Materialien, hohe Konversionsraten zu erreichen (DE KUIJPER ET AL. 2021).

- Vor dem Entfernen des Kofferdams werden die Ränder sorgfältig überprüft (Abb. 10a und 10b).
- Nach dem Entfernen des Kofferdams wird die Okklusion kontrolliert und gegebenenfalls angepasst, dann wird eine abschliessende Politur/Glanzpolitur durchgeführt (Abb. 11).
- Trotz der verbesserten Kontrolle, die dieses durchdachte Adhäsiv-Verfahren bietet, wird systematisch nach der Behandlung ein Röntgenbild angefertigt, um zu überprüfen, ob noch überschüssiger Befestigungskomposit vorhanden ist (Abb. 12).

## Schlussfolgerung

Das korrekte Positionieren von adhäsiv befestigten, prothetischen Versorgung und das einfache Entfernen von überschüssigem Befestigungsmaterial sind zwei grosse Herausforderungen, vor denen wir in der adhäsiven biomimetischen Zahnmedizin täglich stehen. Das «No-finishing Concept» ist ein einfaches Protokoll, das eine höhere Behandlungsqualität bei einem optimierten Arbeitskomfort gewährleistet; diese

beiden Faktoren stehen in der Praxis in einem engen Zusammenhang. Das Sahnehäubchen dieses Ansatzes ist, dass sich die Gesamtzeit des klinischen Verfahrens verkürzt, was bei detailorientiertem Arbeiten sonst selten der Fall ist. Schliesslich wird die Langlebigkeit der adhäsiven Restaurationen verbessert. Dieser Drei-Schritte-Ansatz kann für alle Arten von adhäsiven Restaurationen, ob direkt oder indirekt, angewendet werden.