

Nr. 22
Juli 2016

REPORT

Aus der Forschung und Entwicklung der Ivoclar Vivadent AG, 9494 Schaan / Liechtenstein



Variolink® Esthetic

Das ästhetische Befestigungscomposite



ivoclar
vivadent
passion vision innovation

Dr. Peter Burtscher

*Director
F&E Organic Chemistry*



Über einen langen Zeitraum hinweg war der Phosphatzement der klassische Zement zur Befestigung indirekter Restaurationen. In den 1980er-Jahren war Ivoclar Vivadent einer der ersten Hersteller von Composite-basierten Befestigungsmaterialien, speziell zur Eingliederung von Isosit- und Concept-Restaurationen. Diese beiden Materialien waren heisshärtende Composites auf Mikrofüllertechnologie. Dementsprechend war der erste Composite-Zement von Ivoclar Vivadent auch ein mikrogefülltes Material mit dem Namen „Dual Cement“. Schon bei diesem Produkt wurde der frisch patentierte Füllstoff Ytterbiumfluorid zur Erhöhung der Röntgenopazität eingesetzt. Zu Beginn der 1990er-Jahre wurden glasgefüllte Composites aktuell, und mit dem Produkt Variolink® wurde 1992 diesem Trend Rechnung getragen. Schon fünf Jahre später erfolgte die Markteinführung des Nachfolgeproduktes Variolink II. Dieses blickt heute auf eine 20-jährige Erfolgsgeschichte zurück. Variolink II wurde speziell entwickelt mit einer hohen Röntgenopazität, niedrigem Verschleiss, hoher Reaktivität und Festigkeit. Millionen von Restaurationen wurden mit diesem Befestigungscomposite erfolgreich eingesetzt. Einige Kunden wünschten allerdings ein Material, das weniger reaktiv ist, um die Überschussentfernung zu erleichtern, denn bei Variolink II müssen die Überschüsse im nicht-polymerisierten Zustand entfernt werden, was sehr zeitaufwendig ist.

Mit der rasanten Entwicklung der CAD/CAM-Restaurationen, speziell auf Keramikbasis (IPS Empress® CAD, IPS e.max® CAD, IPS e.max® ZirCAD), ist die einfache und zuverlässige Befestigung von besonderem Interesse. Mit Variolink Esthetic wurde nun ein Produkt entwickelt, das es erlaubt, die Überschüsse ohne Zeitdruck auch im ausgehärteten Zustand zu entfernen. Das innovative Farbkonzept, basierend auf Effektfarben, ermöglicht eine beinahe unsichtbare Eingliederung von Restaurationen. Das patentierte Initiatorsystem auf Ivocerin®-Basis erlaubt eine aminfreie Formulierung – mit zusätzlichen Vorteilen hinsichtlich der Farbstabilität.

In diesem Report werden die Chemie von Befestigungsmaterialien im Allgemeinen, die Entwicklung von Variolink Esthetic im Speziellen und die klinische Anwendung dieses Befestigungscomposites beschrieben.

Inhalt

4 Dr. Peter Burtscher

Variolink® Esthetic – ein Meilenstein in der adhäsiven Befestigung

- Stand der Technik – Duale Polymerisation in der Zahnheilkunde
- Detaillierte Beschreibung der verschiedenen Aushärtungsverfahren
- Ivocerin® und Hydroperoxid/Thioharnstoff-System im Vergleich zu den konventionellen Initiatorsystemen
- Literatur

12 Alexandros Gianasmidis

Von Variolink® II und Variolink® Veneer zu Variolink® Esthetic

- Einleitung
- Chemische Zusammensetzung
- Füllstoffe in Variolink® Esthetic
- Physikalische Eigenschaften
- Handlingeigenschaften
- Zusammenfassung

23 Dr. Erik Braziulis

Materialwissenschaftliche Untersuchungen zu Variolink® Esthetic

- Einleitung
- Polymerisation durch Restaurationen
- Biegefestigkeit
- Haftung auf unterschiedlichen Substraten
- Fazit

30 Dr. Ronny Watzke

Variolink® Esthetic – Einfluss des Befestigungscomposites und anderer Faktoren auf die Gesamtwirkung vollkeramischer Restaurationen

- Einleitung
- Einfluss des Behandlungsablaufes
- Einfluss der Stumpffarbe/Restzahnhartsubstanzfarbe
- Einfluss des Restaurationsmaterials
- Einfluss des Befestigungscomposites
- Fazit
- Literatur

36 Dr. Stephanie Huth

Variolink® Esthetic in der klinischen Anwendung

- Einleitung
- Handlingeigenschaften
- Klinische Erfahrung mit Variolink® Esthetic
- Klinische Fallbeispiele mit Variolink® Esthetic
- Schlussfolgerung
- Literatur

Dr. Peter Burtscher
Director
F&E Organic Chemistry



Variolink® Esthetic – ein Meilenstein in der adhäsiven Befestigung

Stand der Technik – Duale Polymerisation in der Zahnheilkunde

Historischer Hintergrund zur Befestigung von Restaurationen

Zur Befestigung von Restaurationen muss man zwei grosse Materialklassen unterscheiden: Zemente und Befestigungscomposites. Bei Zementen sind immer eine anorganische Komponente und Wasser beteiligt, welche für den Abbindeprozess verantwortlich sind. Diese Zemente sind schon seit über 100 Jahren bekannt. Hervorzuheben sind:

- Phosphatzement: auch bekannt als Harvard- oder Hoffmann Zement. Bei diesem Zement reagiert Phosphorsäure mit Zinkoxid zu einem weissen, opaken, festen Zement. Dieser Zement ist sehr billig und heute noch vielfach in Verwendung, vor allem zur Befestigung von metallunterstützten Restaurationen. Der Zement weist keine Haftung zur Zahnhartsubstanz auf, aber bei entsprechender „Blumentopf“-Präparierung des Zahnstumpfes ist die retentive Haftung ausreichend.
- Carboxylatzement: bei diesem Zement reagiert eine Polyacrylsäure mit Zinkoxid. Dieser Zement wurde erst nach dem Phosphatzement entwickelt und dessen Bedeutung ist deutlich gesunken.

Befestigungscomposites gibt es seit Beginn der 80-iger-Jahre. Da bei diesen keine Zementreaktion mit einem anorganischen Füllstoff stattfindet, dürfen diese Materialien im strengen Sinn nicht als „Zemente“ bezeichnet werden. Die dentale Fachliteratur nimmt es aber mit dieser strengen Terminologie nicht so genau. Bei Befestigungscomposites polymerisieren gefüllte Methacrylatsysteme zu einem polymeren Netzwerk. Im Prinzip werden die gleichen Monomere und Füllstoffe verwendet, wie sie auch bei Composite-Füllungsmaterialien zur Anwendung kommen. Aus diesem Grund sind die Anforderungen an Zemente und Füllungsmaterialien in einer ISO-Norm zusammengefasst, der ISO 4049 Dentistry – Polymer based restorative materials (Zahnheilkunde – Polymerbasierende Restaurationsmaterialien).

Für Befestigungscomposites gelten gemäss dieser Norm folgende Anforderungen:

Filmdicke:	< 50 µm
Verarbeitungszeit bei 23 °C:	60 Sek. nach Mischbeginn muss die Konsistenz homogen sein.
Abbindezeit bei 37 °C:	< 10 Min.
Durchhärtungstiefe:	1 mm bei opaken Farben 1,5 mm bei den restlichen Farben
Biegefestigkeit:	> 50 MPa
Wasseraufnahme:	≤ 40 µg/mm ³
Wasserlöslichkeit:	≤ 7,5 µg/mm ³
Röntgenopazität:	> 100 % Al

Die Monomierzusammensetzung von Befestigungscomposites basiert üblicherweise auf BisGMA, UDMA, TEGDMA, HEMA und GDMA, mit einem Anteil von ca. 30 Gew-%. Die Monomere sind verantwortlich für die Festigkeit, Konsistenz, Wasseraufnahme und Wasserlöslichkeit des Zementes.

In Befestigungscomposites werden unter anderem folgende Füllstoffe verwendet: Bariumglas, Strontiumglas, Fluorosilikatgläser, Ytterbiumfluorid, pyrogene Kieselsäure und Mischoxide aus Siliziumoxid und Zirkonoxid. Die Füllstoffe beeinflussen Handling, Festigkeit, Röntgenopazität, Fluoridfreisetzung, Polierbarkeit und Filmdicke, wobei folgende generelle Aussagen gemacht werden können: je kleiner die Korngrösse der Füllstoffe, umso geringer ist die Filmdicke und umso besser der Glanz nach Politur. Elemente mit einer hohen Protonenzahl in den Füllstoffen erhöhen die Röntgenopazität, wie Strontium, Barium und Ytterbium. Fluoridgläser wirken sich positiv auf die Fluoridfreisetzung aus, wobei diese in Befestigungscomposites wesentlich tiefer ist als bei Glasionomorzementen.

Die Abstimmung der Brechungsindizes von Monomer und Füllstoff ist verantwortlich für die Transparenz des Befestigungscomposites und damit dessen Durchhärtungstiefe.

Für die Aushärtung von Befestigungscomposites sind im Prinzip drei Aushärtungsverfahren möglich:

- **Lichthärtung (LC):** Die Aushärtung erfolgt nur durch Bestrahlung mit Blaulicht, wobei das Material nur in einer Komponente vorliegt. Materialbeispiele sind: Variolink® Veneer, Variolink® Esthetic LC.
- **Selbsthärtung (SC):** Es sind zwei Komponenten vorliegend, um die für die Aushärtung erforderlichen Initiatoren zu trennen. Nach dem Anmischen der beiden Komponenten startet die sichtbare Aushärtung nach ca. 100 Sek. Eine zusätzliche Belichtung hat keinen Einfluss. Materialbeispiele sind: die erste Generation von Multilink® und Panavia 21
- **Dualhärtung (DC):** Wie der Name zum Ausdruck bringt, liegt bei der Dualhärtung eine Kombination von Lichthärtung und Selbsthärtung vor. Nach dem Anmischen der beiden Komponenten startet die Selbsthärtung. Diese kann beschleunigt bzw. verstärkt werden durch eine zusätzliche Belichtung. Materialbeispiele sind: Multilink Automix, Variolink Esthetic DC, Variolink II.

Detaillierte Beschreibung der verschiedenen Aushärtungsverfahren

Lichthärtung

Bei der Lichthärtung wird ein lichtinduzierter Initiator wie Campherchinon, Acylphosphinoxid, oder Ivocerin® mit Blaulicht zur Radikalbildung angeregt. Die Radikale reagieren mit der Polymermatrix zu einem festen Netzwerk. Rein lichthärtende Befestigungscomposites können nur dann eingesetzt werden, wenn die Restauration transparent genug ist, um das Composite ausreichend zu polymerisieren. Vor allem bei Veneers werden rein lichthärtende Befestigungscomposites bevorzugt. Diese enthalten keine zusätzlichen Initiatoren, wie sie für die Selbsthärtung erforderlich sind, was einen positiven Einfluss auf die Farbstabilität hat. Zusätzlich haben diese Materialien den Vorteil einer beinahe unlimitierten Verarbeitungszeit unter der Voraussetzung, dass der Blaulichtanteil des Umgebungslichts möglichst gering ist.

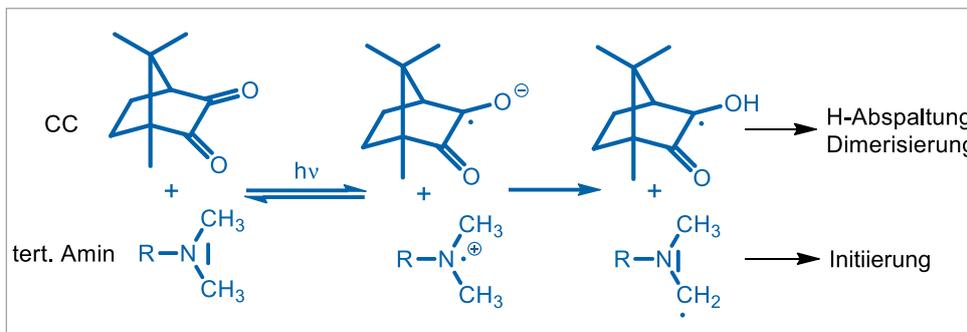


Abb. 1 Reaktionsmechanismus der Lichthärtung am Beispiel von Campherchinon (CC) / Amin

Campherchinon ist ein sogenannter Norrish Typ 2-Initiator. Das heisst, es sind zwei Komponenten für die lichtinduzierte Radikalbildung notwendig. Campherchinon alleine zeigt eine schlechte Tendenz zur Radikalbildung bei Belichtung, erst in Kombination mit einem Amin (z.B. EMBO = 4-Dimethylamino-Benzoesäure-ethylester) erhöht sich die Reaktivität beträchtlich.

Ivocerin®

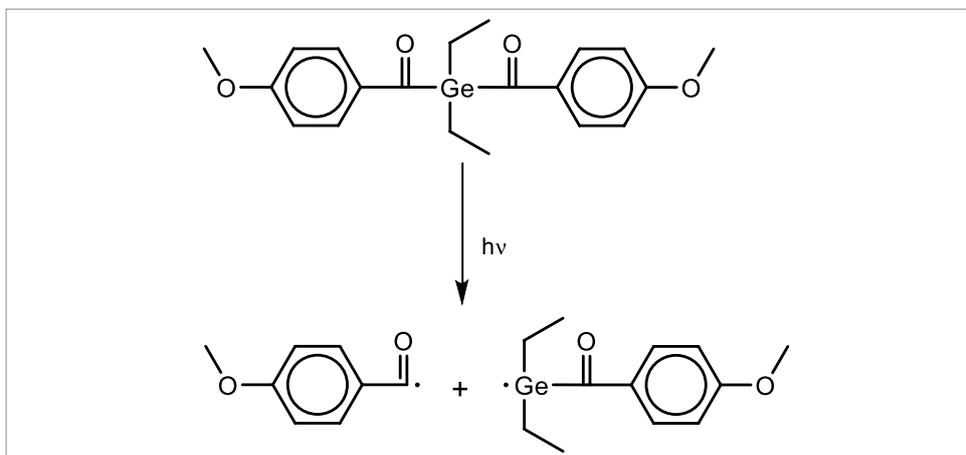


Abb. 2 Reaktionsmechanismus der Lichthärtung am Beispiel von Ivocerin

Ivocerin ist ein sogenannter Norrish Typ 1-Initiator. Das heisst, der Initiator braucht zur Bildung von Radikalen keine zusätzliche Komponente. Bei Belichtung erfolgt eine Spaltung einer chemischen Bindung im Initiatormolekül unter Bildung zweier Radikale, die in weiteren Schritten mit dem Monomer reagieren unter Bildung eines polymeren Netzwerks.

Selbsthärtung

Selbsthärtende Befestigungscomposites sind stets Zweikomponenten-Materialien, um die für die Aushärtung verantwortlichen Initiatoren getrennt und damit lagerstabil zu halten. Bei vielen Produkten basiert das Initiatorsystem auf Benzoylperoxid (BPO) in einer Komponente und einem üblicherweise tertiären aromatischen Amin (z.B. DABA = Diethylamino-3,5-di-tert. Butyl-Anilin) in der anderen Komponente. Die Initiatoren liegen gelöst in der Monomermatrix vor und zusammen mit den bekannten Füllstoffen wird eine relativ dünnviskose Paste hergestellt. Die BPO-enhaltende Paste wird üblicherweise als Katalysatorpaste und die Amin-enhaltende Paste als Basenpaste (ein Amin ist eine Base) bezeichnet. Die Aushärtung beginnt, sobald die beiden Pasten miteinander homogen vermischt werden. Die Reaktivität bzw. die Verarbeitungszeit wird mit der Aminkonzentration in der Basenpaste eingestellt. Üblicherweise beträgt die Verarbeitungszeit bei Befestigungscomposites ca. 100 Sekunden bei Raumtemperatur. Das heisst, die angemischte Paste kann über diesen Zeitraum hinweg verarbeitet werden, ohne Anzeichen einer sichtbaren Polymerisation. Die Aushärtungsreaktion ist stark temperaturabhängig. Werden die Pasten direkt nach der Entnahme aus dem Kühlschrank angemischt, ist die Verarbeitungszeit noch länger. Während der Aushärtung reagieren die Radikale nicht nur mit den Doppelbindungen der Monomere, sondern auch mit dem Luftsauerstoff. Da die Aushärtung bei der Selbsthärtung im Vergleich zur Lichthärtung relativ langsam verläuft, haben

die Radikale mehr Zeit auch mit dem Luftsauerstoff zu reagieren, sodass sich an der Oberfläche eines auf dem Mischblock angemischten Befestigungscomposites eine sogenannte inhibierte Schicht bildet. Diese ist klebrig und suggeriert dem Anwender, dass die Aushärtung des Materials schlecht ist. In der klinischen Anwendung härtet das Befestigungscomposite zwischen Zahnhartsubstanz und der Restauration aus, sodass kein Luftsauerstoff hinzutritt und eine ungestörte Aushärtung erfolgen kann. Die inhibierte Schicht ist in diesem Fall am ehesten an den Überschüssen ersichtlich, wo sie leicht entfernt werden kann. Rein selbsthärtende Befestigungscomposites sind kaum noch auf dem Markt zu finden, da die Aushärtung nicht beschleunigt werden kann. Zusätzlich ist die Überschussentfernung meist zeitaufwendiger und die inhibierte Schicht viel dicker als nach Lichthärtung.

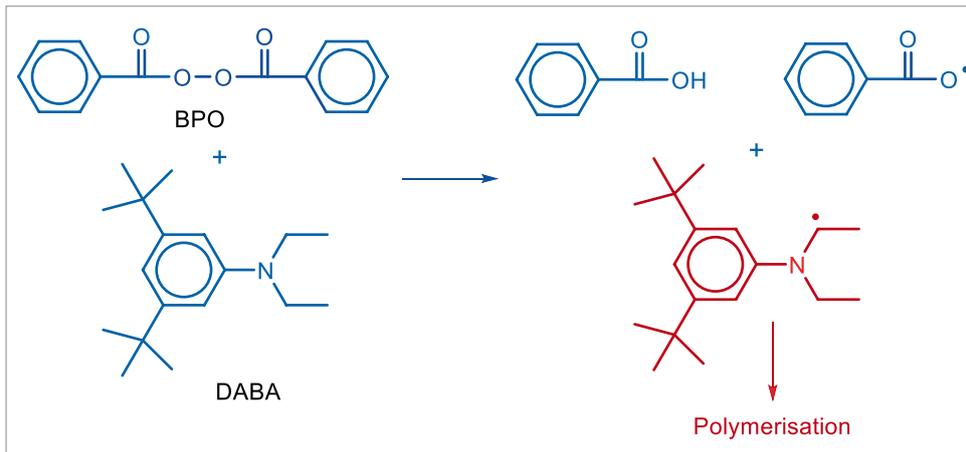


Abb. 3 Reaktionsmechanismus der Selbsthärtung am Beispiel von BPO / Amin (DABA)

Benzoylperoxid/Amin-Systeme haben den Nachteil, dass das Peroxid bei der Lagerung temperaturempfindlich ist, und diese Produkte daher meist im Kühlschrank gelagert werden müssen.

Seit einigen Jahren können selbst- bzw. dualhärtende Befestigungscomposites mit einem alternativen Initiatorsystem entwickelt werden, welches wesentlich unempfindlicher gegenüber höherer Temperatur ist, sodass eine Kühlschranklagerung nicht mehr erforderlich ist. Dieses System basiert auf einem stabilen Hydroperoxid und Thioharnstoff. Zusätzlich kann dieses System durch den Zusatz von sehr geringen Mengen Kupfer beschleunigt werden. Details dazu im nächsten Kapitel.

Dualhärtung

Die meisten Befestigungscomposites werden in dualhärtender Form angeboten. Die Zusammensetzung dieser Materialien ist praktisch vergleichbar mit den selbsthärtenden Befestigungscomposites, sie liegen also als Zweikomponentenmaterial vor. Die Basenpasten enthalten aber zusätzlich noch einen lichthärtenden Initiator, wie bei den lichthärtenden Materialien angeführt. Diese Materialien sind für alle Restaurationen geeignet und der

Anwender muss sich keine Gedanken über die Lichtdurchlässigkeit der Restauration machen. Ist die Restauration opak, wird die Aushärtung über die Selbsthärtung erreicht; ist die Restauration transparenter, dann reagieren sowohl die lichthärtenden Initiatoren als auch die selbsthärtenden Initiatoren.

Bei der Dualhärtung werden die meisten Radikale erzeugt und damit die beste Aushärtung erreicht, da das lichtaktivierte Campherchinon einen induzierten Zerfall von Benzoylperoxid auslöst.

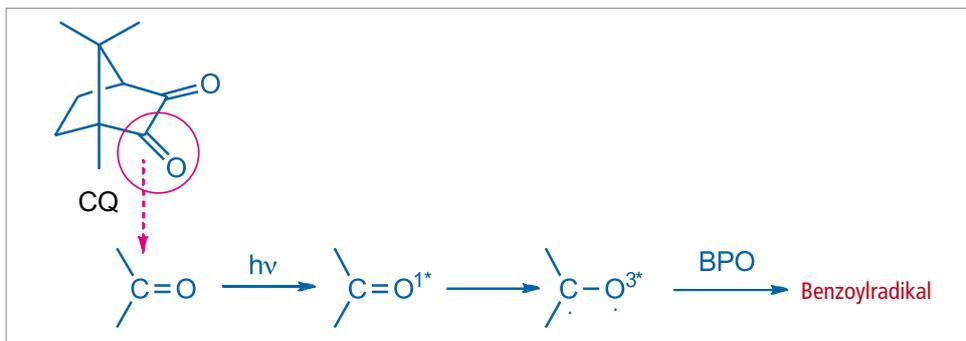


Abb. 4 Durch Campherchinon induzierter Zerfall von Benzoylperoxid

Folgende Tabellen am Beispiel von Variolink II und Variolink Esthetic zeigen den Einfluss der Aushärtung auf Biegefestigkeit und E-Modul. Es ist deutlich zu sehen, dass nach Dualhärtung die höchste Festigkeit erreicht wird.

	Base Lichthärtung	Base + Catalyst Selbsthärtung	Base + Catalyst Dualhärtung
Biegefestigkeit (MPa)	114 ± 6	107 ± 5	132 ± 7
E-Modul (MPa)	8300 ± 300	6000 ± 300	10500 ± 400

Tab. 1 Biegefestigkeit und E-Modul von Variolink II

	Base Lichthärtung	Base + Catalyst Selbsthärtung	Base + Catalyst Dualhärtung
Biegefestigkeit (MPa)	99 ± 8	111 ± 14	124 ± 14
E-Modul (MPa)	4160 ± 160	6460 ± 360	6570 ± 290

Tab. 2 Biegefestigkeit und E-Modul von Variolink Esthetic

Ivocerin® und Hydroperoxid/Thioharnstoff-System im Vergleich zu den konventionellen Initiatorsystemen

Wie im Abschnitt „Selbsthärtung“ angeführt, beruht ein zu BPO/Amin alternatives Initiatorsystem auf Hydroperoxid und Thioharnstoff. Durch die Wahl eines stabileren Peroxids als Benzoylperoxid (BPO) kann das Befestigungscomposite bei Raumtemperatur gelagert werden. Anstelle eines Amins wird bei diesem Initiatorsystem ein Thioharnstoff verwendet. Somit kann auf verfärbungsanfällige Amine verzichtet und die Farbstabilität deutlich verbessert werden.

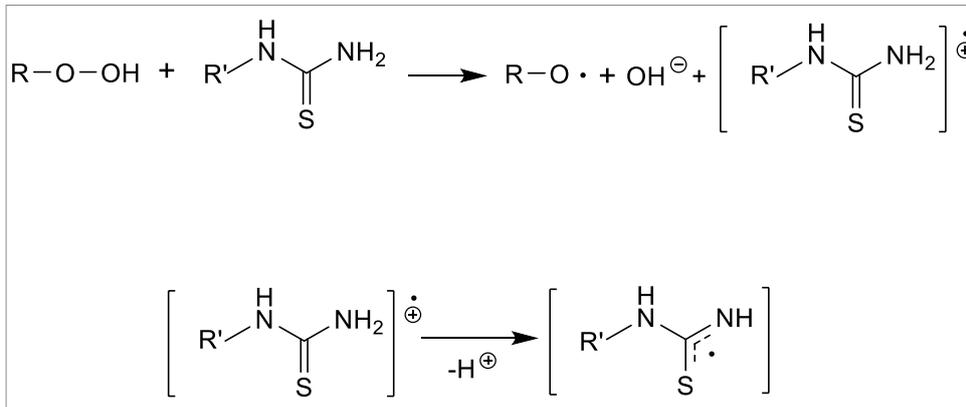


Abb. 5 Mechanismus der Radikalbildung von Hydroperoxid mit Thioharnstoff [1].

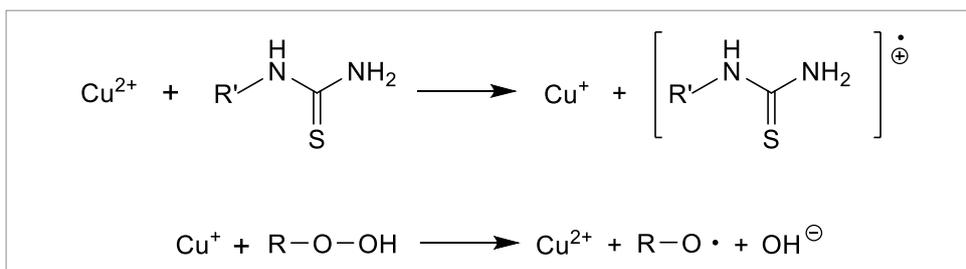


Abb. 6 Mechanismus der Redox-Katalyse mit Cu-Ionen.

Wird diesem Initiatorsystem zusätzlich noch Ivocerin als lichtinduzierter Initiator zugefügt, erhält man ein perfektes aminfreies dualhärtendes System. Konventionelle auf BPO/Amin und CC/Amin basierende dualhärtende Befestigungscomposites sind weit weniger farbstabil als rein lichthärtende Materialien, da nicht nur ein Amin für die Lichthärtung, sondern zusätzlich noch ein Amin für die Selbsthärtung eingesetzt werden muss. Im Allgemeinen gilt der Grundsatz, je höher der Amingehalt, desto weniger farbstabil ist das Material. Variolink Esthetic ist das erste völlig aminfreie Befestigungscomposite. Mitbewerbermaterialien werden zwar teilweise auch als „aminfrei“ beworben, dies gilt jedoch nur für die Selbsthärtung, aber nicht für die Lichthärtung.

Ivocerin, als Norrish Typ 1-Initiator, hat in Variolink Esthetic den speziellen Vorteil, dass damit ein Befestigungscomposite entwickelt werden konnte, welches vollkommen aminfrei ist. Im Gegensatz zur Tetric EvoCeram Bulk Fill-Entwicklung stand nicht nur die hohe Reaktivität dieses Initiators im Vordergrund, denn bei einem Befestigungscomposite muss die Reaktivität sehr genau eingestellt werden: einerseits muss eine sehr gute Aushärtung gewährleistet sein, andererseits dürfen die Überschüsse nach Anhärtung nicht schon so hart sein, dass diese nur sehr zeitaufwendig entfernt werden können. Die Konzentration von Ivocerin wurde daher absichtlich nicht zu hoch eingestellt, um eine gute Überschussentfernung nach Anhärtung der Überschüsse zu erreichen.

Literatur

- [1] V. A. Lopyrev, M. G. Vorokov, E. N. Baiborodina, N. S. Shaglayeva, T. N. Rakhmatulina, J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed. 17 (1979) 3411-2

Alexandros Gianasmidis
*Head of Department
Befestigungsmaterialien*



Von Variolink® II und Variolink® Veneer zu Variolink® Esthetic

Einleitung

Seit 1997 bzw. 2005 sind die Ivoclar Vivadent-Produkte Variolink® II und Variolink Veneer als hochästhetische Befestigungsmaterialien auf dem Markt. Die Produkte erfüllen seit mehr als 15 Jahren die Anforderungen zur Verklebung von hochästhetischen Restaurationen sehr gut. Mit Variolink Esthetic wurde 2014 ein neuentwickeltes Nachfolgeprodukt eingeführt. Variolink Esthetic ist ein farbstabiles, adhäsives Befestigungssystem für die dauerhafte Befestigung von Glaskeramik, Lithium-Disilikat-Glaskeramik-, Composite- und Oxidkeramik-Restaurationen (Inlays, Onlays, Brücken und Veneers). Variolink Esthetic wird in zwei Varianten angeboten: als rein lichthärtendes Variolink Esthetic LC (Ersatz für Variolink Veneer) und als dualhärtendes Variolink Esthetic DC (Ersatz für Variolink II). Variolink Esthetic LC darf nur für Restaurationen mit einer maximalen Stärke von 2 mm sowie ausreichender Transluzenz verwendet werden, Variolink Esthetic DC ist auch für opake Restaurationen geeignet. Sowohl die DC- als auch die LC-Variante werden in den gleichen fünf Farben angeboten.

Während Variolink II und Variolink Veneer eine unterschiedliche Zusammensetzung hinsichtlich Monomeren und Füllern aufweisen, ist bei Variolink Esthetic DC und LC die Formulierung für beide Versionen gleich. Lediglich die Additive sind unterschiedlich, da die DC-Variante zusätzlich selbsthärtende Initiatoren benötigt im Vergleich zur LC-Variante. Die identische Formulierung gewährleistet gleiche Handlungseigenschaften der DC- und der LC-Variante, was die Anwendung massiv erleichtert.

Natürlich ist es notwendig, dass ein neu entwickeltes Produkt wie Variolink Esthetic sehr gute physikalische Eigenschaften haben muss, um technologisch führend zu sein. Das Ziel dieser Neuentwicklung war es, die Anwendung zu vereinfachen und die adhäsive Befestigungsprozedur, die immer noch den Ruf einer relativ aufwendigen und zum Teil fehleranfälligen Vorgehensweise hat, deutlich zu erleichtern. So wird dem Zahnarzt die Angst vor möglichen Anwendungsfehlern genommen. Um dies zu erreichen, war es das Hauptziel dieser Entwicklung, in Zusammenarbeit mit vielen internen und externen Zahnärzten, die Handlungseigenschaften neu zu definieren und zu verbessern.

Eine Schwierigkeit liegt darin, wie Handlungseigenschaften überhaupt zu definieren sind, da in dieser Hinsicht viele unterschiedliche Meinungen vorherrschen. Wie kann man Klebrigkeit, Fließfähigkeit, Standfestigkeit oder Überschussentfernung exakt definieren? Diese Herausforderung musste bei Variolink Esthetic angenommen und so umgesetzt werden, dass am

Schluss für den Anwender eine deutliche Verbesserung der Anwendungsprozedur hinsichtlich Einfachheit, Sicherheit und Performance resultiert. Die Maxime lag darin, Variolink Esthetic in der Anwendung so einfach und sicher wie möglich zu entwickeln, ohne Abstriche hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften zu machen sowie einzelne Aspekte deutlich zu verbessern: zum Beispiel eine hervorragende Farbstabilität oder eine einfache Überschussentfernung. Dazu gehörte auch, ein neues Farbsystem zu entwickeln, das mit einer minimalen Anzahl von Farben höchsten ästhetischen Ansprüchen genügt.

Chemische Zusammensetzung

Initiatoren (Ivocerin®) und Additive

Erstmals ist der von Ivoclar Vivadent entwickelte und patentierte lichtaktivierte Initiator „Ivocerin®“, eine Germaniumverbindung, in einem Befestigungsmaterial eingesetzt worden. Zusätzlich wurde zur Umsetzung der Selbsthärtung das klassische tertiäre Amin/Benzoylperoxid-System durch ein neues Thioharnstoff/Hydroperoxid-System ersetzt. Der Vorteil der zwei neuen Initiatorsysteme liegt darin, dass weder für die Lichthärtung noch für die Selbsthärtung der Einsatz eines Amins notwendig ist. Bei einigen Produkten auf dem Markt wird zwar Aminfreiheit beworben, jedoch wird im Kleingedruckten häufig darauf hingewiesen, dass nur zur Erreichung der Selbsthärtung das klassische tertiäre Amin weggelassen wurde oder ein anderes Amin (nicht tertiär) enthalten ist. Alle bisher auf dem Markt befindlichen licht- bzw. dualhärtenden Befestigungscomposites setzen zur Lichthärtung das klassische Campherchinon-/Amin-System ein, keines kann ganz auf Amine verzichten. Variolink Esthetic ist somit das erste Befestigungscomposite, das wirklich völlig aminfrei ist. Dadurch erreicht die Farbstabilität neue Massstäbe, um dauerhaft allerhöchste ästhetische Ansprüche zu erfüllen.

Aminfrei

Durch Einsatz von aminfreien Initiatoren sowohl bei selbst- als auch lichthärtender Polymerisation zeigt Variolink Esthetic keinerlei Vergilbungseffekte.



Abb. 1 Farbbeständigkeit bei Belichtung gemäss ISO 4049

Im nach ISO 4049 durchgeführten Farbstabilitätstest wird die linke Seite einer intensiven, 24 Stunden dauernden Belichtung ausgesetzt und nach einer möglichen Vergilbung untersucht. Es gab keine feststellbaren Unterschiede zwischen der belichteten und der unbelichteten Seite, Variolink Esthetic ist farbstabil.

Farbveränderung nach Wasserlagerung

Viele Produkte verändern ihren Farbeindruck, nachdem sie mit Wasser in Kontakt kommen.



Abb. 2 Variolink Esthetic zeigt auch nach 24-wöchiger Wasserlagerung keine Farbveränderung.

Natürliche Fluoreszenz

Natürliche Zähne haben eine bläuliche Fluoreszenz, wenn sie mit kurzwelligem Licht belichtet werden. Restaurative Materialien sollten diese zahnähnliche Fluoreszenz aufweisen, um letztendlich ein natürliches Erscheinungsbild zu erzielen. Wie in der Abbildung unten zu sehen ist, zeigt gehärtetes Variolink Esthetic bei Belichtung mit kurzwelligem Licht eine zahnähnliche Fluoreszenz.

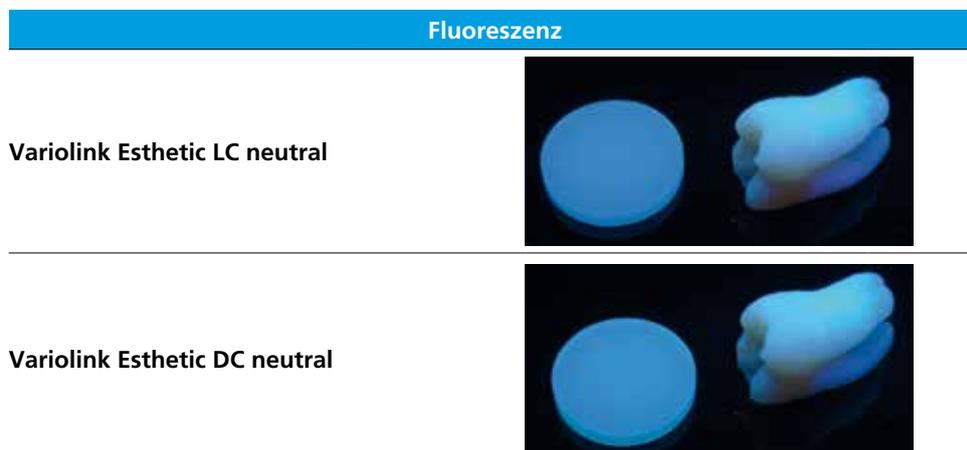


Abb. 3 Die Fluoreszenz von Variolink Esthetic entspricht dem natürlichen Zahn.

Füllstoffe in Variolink® Esthetic

Ein Ziel der Entwicklung war es, die Abrasionsresistenz zu verbessern sowie die Transparenz zu erhöhen, um damit ein breiteres Spektrum an ästhetischen Farben zu ermöglichen. Zu diesem Zweck wurden feinkörnige Füller eingesetzt. Die Primärkorngrosse ist auf durchschnittlich 100–200 nm reduziert worden im Vergleich zu 1 µm bei Variolink II. Um gleichzeitig eine gute Standfestigkeit und Fließfähigkeit zu erreichen, sind erstmals bei einem Befestigungsmaterial ausschliesslich sphärische Füller eingesetzt worden. So konnte die Transparenz erhöht und gleichzeitig bei allen Farben eine Röntgenopazität von über 300 % Al erreicht werden (Schmelz weist eine Röntgenopazität von ca. 200 % Al auf). Für hochtransparente Farben ist diese hohe Röntgenopazität ein Novum.

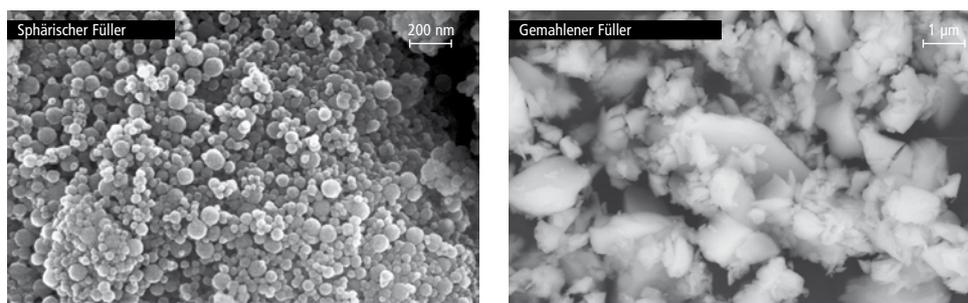


Abb. 4a und b Vergleich zwischen einem sphärischen (Korngrösse 100 nm) und einem gemahlener Füller (Korngrösse 1,0 µm). Der Massstab der beiden Abbildungen ist nicht identisch, verdeutlicht aber den Unterschied in der Struktur.

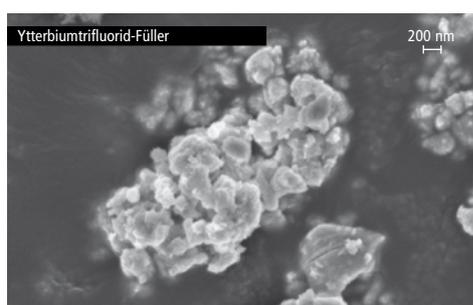


Abb. 5 Abgerundete Füllerpartikel von Ytterbiumtrifluorid

Zusammensetzung (Gew. %)	Variolink Esthetic	Multilink Automix	Variolink II	Variolink Veneer
Monomermischung	30–38 %	37 %	25–31 %	36–41 %
Füller	60–68 %	61 %	67–73 %	57–62 %
Initiatoren und Stabilisatoren	1–2 %	1–2 %	1–2 %	1–2 %
Pigmente	<1 %	<1 %	<1 %	<1 %

Obwohl die Korngrösse der Füllstoffe deutlich reduziert wurde, ist der Füllgrad dennoch mit anderen Befestigungscomposite vergleichbar. Dies wurde durch den Einsatz von Monomeren mit einer geringeren Viskosität ermöglicht. Zusätzlich wurde die Hydrophilie/Hydrophobie der Monomere auf die Füllstoffe abgestimmt, um eine optimale Benetzung der Füllstoffe zu erreichen. Die Wechselwirkung der Monomermatrix mit dem sphärischen Füller bewirkt auch die ausgesprochen hohe Thixotropie von Variolink Esthetic, obwohl die Viskosität des Zements niedrig ist. Diese Thixotropie hat den Vorteil, dass Variolink Esthetic schon bei geringer Kraft (Auspressen aus der Spritze, Insertion der Restauration im Mund) sehr fliessfähig wird. Sobald aber keine Kraft ausgeübt wird, zeigt Variolink Esthetic eine sehr standfeste Konsistenz. Dies hat den Vorteil, dass Materialüberschüsse nicht in den Sulcus fließen sondern standfest am Restaurationsrand verbleiben, was deren Entfernung deutlich erleichtert. Diese einzigartige Wechselwirkung zwischen dem sphärischen Füller und der entsprechend eingestellten Monomermischung bewirkt eine Art Fließfähigkeit auf Abruf, was zu einer „flexiblen“ Konsistenz führt.

Monomermischung

Durch den Einsatz von feinkörnigen Füllern war es notwendig, niedrigviskose, hochreaktive Monomere einzusetzen, um dennoch einen hohen Füllgrad zu ermöglichen. Dies wurde durch den Einsatz von neuartigen, eigenentwickelten und patentierten Monomeren erreicht. Aus diesem Grunde weist Variolink Esthetic eine cremige und niedrigviskose Konsistenz mit einem Füllgrad auf, der mit dem anderer Befestigungscomposites vergleichbar ist.

Physikalische Eigenschaften

Farben

Um die Farbwirkung der Restaurationen präzise auf die Nachbarzähne abzustimmen, hat Ivoclar Vivadent das neue, ausgewogene und übersichtliche „Effekt-Farbkonzept“ entwickelt. Die Farbe „neutral“ sorgt dank ihrer hohen Transparenz für eine farbneutrale Befestigung der Restauration. Die Farben „light“ und „light+“ ermöglichen eine stufenweise Aufhellung; die Farben „warm“ und „warm+“ eine stufenweise Abdunkelung der darüber liegenden Keramik- oder Composite-Restauration. Die Farben sind nach ihrer Wirkung benannt. Das erleichtert die Auswahl der zur klinischen Situation passenden Farbe.



Abb. 6 Variolink Esthetic LC und DC haben jeweils die identischen fünf Farben. Dieses neue Effekt-Farbsystem von Variolink Esthetic ermöglicht die bisherigen sechs Farben von Variolink II sowie die sieben Farben von Variolink Veneer abzudecken.

Röntgenopazität

Die Röntgenopazität ist sowohl bei der DC- als auch bei der LC-Variante von Variolink Esthetic bei allen Farben gleich hoch.

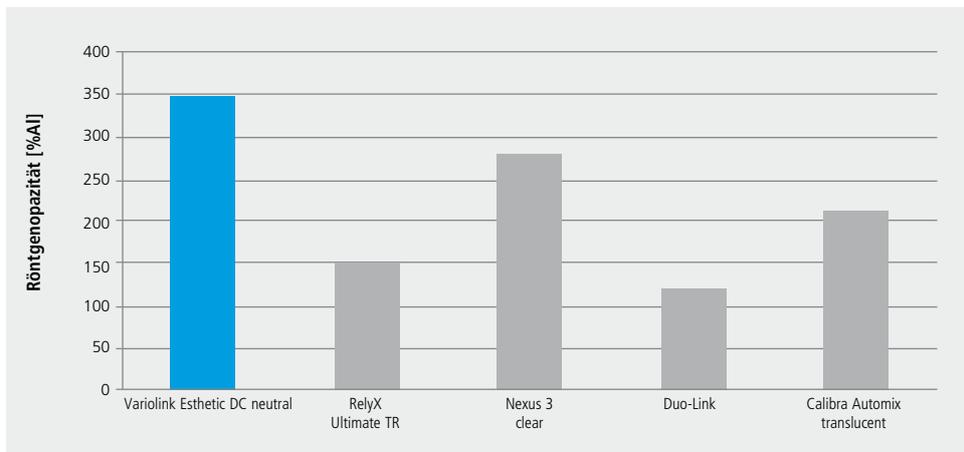


Abb. 7 Röntgenopazität im Vergleich zu Mitbewerbermaterialien

Im Vergleich zu anderen Produkten hat Variolink Esthetic auch bei ästhetischen Farben mit hoher Transluzenz eine sehr hohe Röntgenopazität. Dies ist auf den hochtransparenten sphärischen Füller in Kombination mit Ytterbiumtrifluorid zurückzuführen.

Biegefestigkeit

Die Biegefestigkeit von Variolink Esthetic liegt deutlich über den Minimalanforderungen der ISO 4049 (> 50 MPa) und ist vergleichbar mit etablierten Befestigungscomposites.

	Variolink Esthetic	Multilink Automix	Variolink II
Selbsthärtend	111 ± 14 MPa (DC*)	91 ± 6 MPa	107 ± 5 MPa
Dualhärtend	124 ± 14 MPa (DC*)	114 ± 17 MPa	132 ± 7 MPa
Lichthärtend	99 ± 8 MPa (LC*)	–	114 ± 6 MPa (Base)

*Verwendete Variante: DC – Variolink Esthetic DC; LC – Variolink Esthetic LC

Handlungseigenschaften

Klebrigkeit

Durch den Einsatz sphärischer Füller und niedrigviskoser Monomere konnte ein dünnviskoses Material entwickelt werden, dessen Klebrigkeit massiv reduziert ist. In einer Zwick-Abzugsmaschine wurde eine definierte Menge Befestigungsmaterial aufgetragen, und die Paste bei gleichmässiger Benetzung sowie konstanter Geschwindigkeit auseinander gezogen. Die Standbilder wurden bei allen Beispielen unmittelbar vor dem Fadenriss aufgenommen. Die Abbildungen zeigen deutlich die geringe Klebrigkeit von Variolink Esthetic. Im Vergleich zu den anderen Produkten zieht Variolink Esthetic kaum Fäden, was bei der Entfernung von Überschüssen im nicht polymerisierten Zustand wesentliche Vorteile hat.

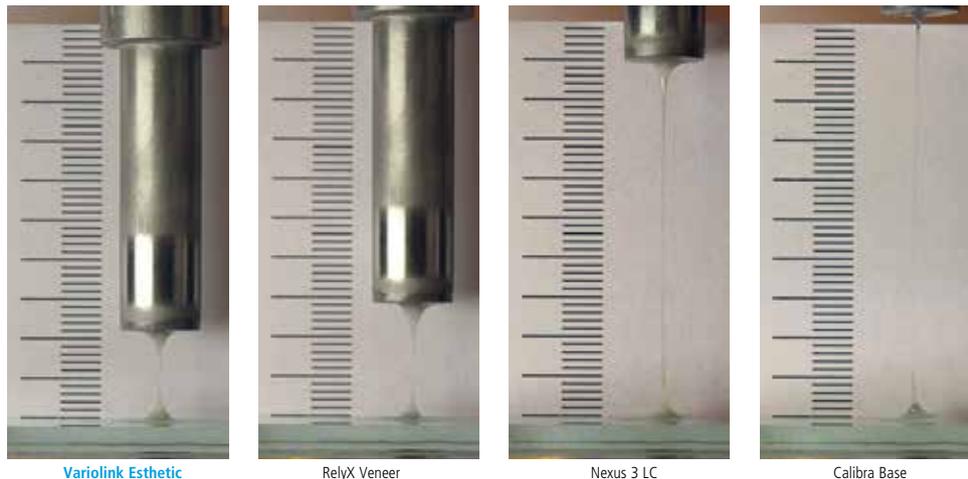


Abb. 8 Variolink Esthetic hat mit Abstand die geringste Klebrigkeit. Die Fadenbildung nach Kontakt ist minimal.

Standfestigkeit – flexible und situative Konsistenz

Bei der Entwicklung von Variolink Esthetic wurde darauf geachtet, dass bei der Insertion einer Restauration der dazu erforderliche Kraftaufwand möglichst gering ist, was zum einen eine Erleichterung ist, zum anderen aber auch Vorteile für die klinische Sicherheit mit sich bringt. Dies ist besonders wichtig bei filigranen, sehr dünnen Restaurationen wie z.B. Veneers.

Trotz der hohen Standfestigkeit wird Variolink Esthetic aufgrund seiner Thixotropie bei der Anwendung extrem fließfähig. Die Thixotropie wird durch die besondere Wechselwirkung der Monomermischung mit dem eingesetzten sphärischen Füller erreicht. Sobald Kraft ausgeübt wird, sei es beim Entnehmen aus der Spritze oder beim Einsetzen der Restauration, beginnt Variolink Esthetic sofort zu fließen. Beim Ausbleiben der Krafteinwirkung wird das Material sofort standfest. Mit einem standfesten Material wird die Überschussentfernung erheblich erleichtert. So wird verhindert, dass Material in den Sulcus oder auf andere Zahnbereiche fließt und sich dort schlecht entfernen lässt.

Üblicherweise wird zur Erzielung der Thixotropie pyrogenes Siliziumdioxid eingesetzt, was allerdings häufig eine nachteilige Verdickung der Paste bewirkt. Bei Variolink Esthetic konnte durch den Verzicht auf pyrogene Siliziumdioxid Füller und den Einsatz von exklusiv für Ivoclar Vivadent entwickelten Rohstoffen (Monomere und Füller) eine solche Verdickung vermieden werden.



Abb. 9 Standfestigkeit von Befestigungscomposites im Vergleich.

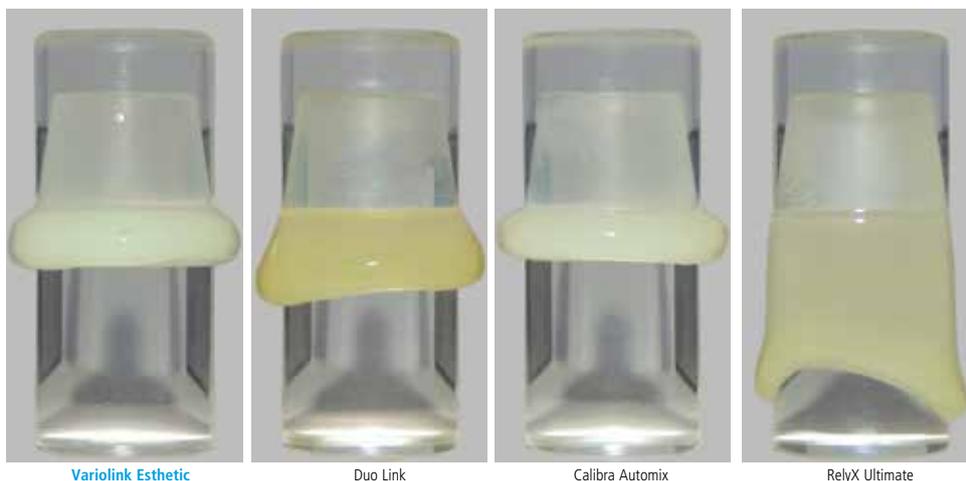


Abb. 10 Bei der Simulation in PMMA-Kronen ist der Unterschied zwischen einem standfesten und einem fließenden Material sehr deutlich

Fließfähigkeit

Zur Bestimmung der Fließfähigkeit kann die Kraft gemessen werden, die benötigt wird, um eine Krone auf einem Stumpf zu platzieren. Dazu wird die Modell-Krone aus PMMA mit Befestigungscomposite gefüllt und mit einer Geschwindigkeit von 120 mm/min auf einen PMMA-Stumpf gedrückt, bis eine Schichtdicke von 0,5 mm erreicht ist. Je geringer der Kraftaufwand ist, desto besser ist die Fließfähigkeit des Befestigungscomposites.

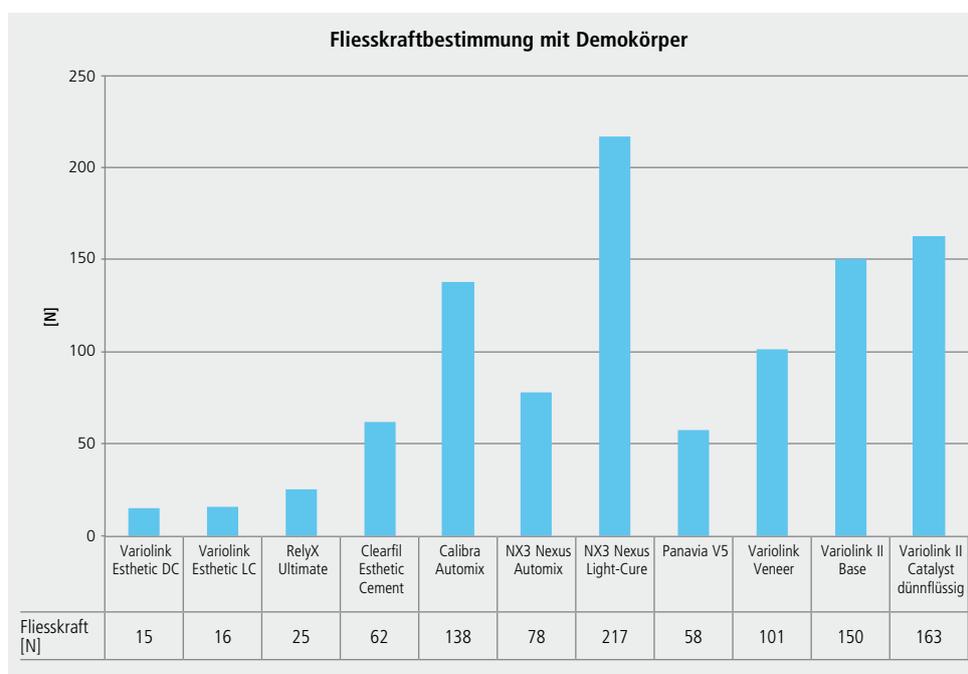
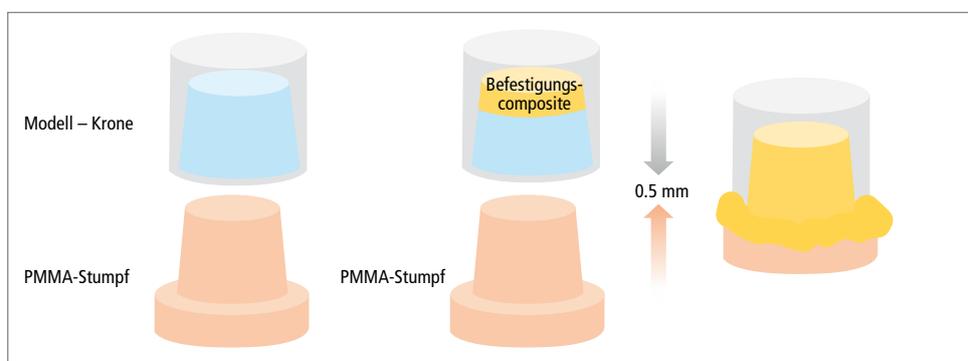


Abb. 11 Schematische Darstellung (oben) und Ergebnis (unten) der Fließkraftbestimmung von Befestigungscomposites. Variolink Esthetic hat eine sehr gute Fließfähigkeit, es ist wenig Kraft zum Einsetzen der Krone nötig.

Obwohl Variolink Esthetic eine sehr gute Standfestigkeit hat, bietet es kaum Widerstand beim Einsetzen der Restauration, da es gleichzeitig eine sehr hohe Fließfähigkeit besitzt.

Überschussentfernung

Als Lichtinitiator kommt bei Variolink Esthetic der patentierte, hoch reaktive Photoinitiator Ivocerin® zum Einsatz. Die präzise Abstimmung der Konzentration von Ivocerin mit geeigneten Inhibitoren und den selbsthärtenden Initiatoren bei der dualhärtenden Variante bewirkt ein ausgesprochen breites Belichtungsfenster, das ausreichend Zeit lässt, die Überschüsse zu entfernen. Bei der DC-Variante kommt dafür die Vierteltechnik zum Einsatz, bei der LC-Variante können die Überschüsse leicht nach der initialen Belichtung mit der Kreistechnik entfernt werden.

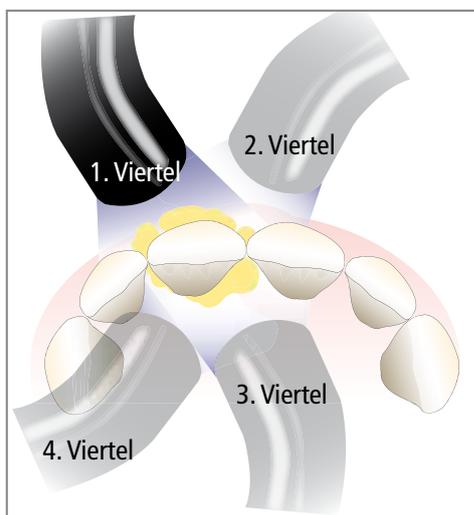
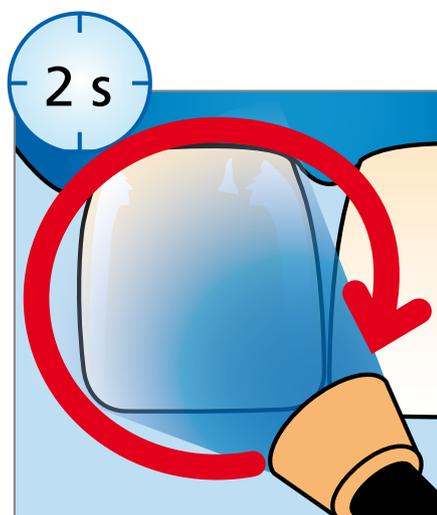


Abb. 12 „Vierteltechnik“ für Variolink Esthetic DC



„Kreistechnik“ für Variolink Esthetic LC

Zusammenfassung

Selbstverständlich muss ein modernes Befestigungsmaterial allerhöchsten physikalischen und ästhetischen Anforderungen genügen, was bei Variolink Esthetic hervorragend gelungen ist. Genauso wichtig sind jedoch die Handlungseigenschaften. Gerade bei der adhäsiven Befestigung von Restaurationen kann es nicht hoch genug eingeschätzt werden, eine sichere Prozedur für den Anwender zu etablieren, um einen klinischen Erfolg auch langfristig gewährleisten zu können. Eine einfache und kontrollierte Anwendung des Befestigungsmaterials bei jedem Behandlungsschritt ist essenziell für den klinischen Erfolg. Bei der Entwicklung von Variolink Esthetic wurde daher viel Aufwand in die Verbesserung der Anwendungseigenschaften investiert, und damit folgende Ziele erreicht:

- kontrollierte Applikation in der Restauration: Variolink Esthetic fließt nicht weg und hat ausgezeichnete Benetzungseigenschaften. Das Material fließt, wenn es appliziert wird, bleibt aber sofort standfest, sobald die Applikation beendet ist.

- Leichtes Einsetzen der Restauration: Variolink Esthetic fließt unmittelbar beim Einsetzen der Restauration mit geringem Widerstand, sodass auch filigrane Restaurationen wie z.B. Veneers nicht beschädigt werden. So kann sich der Zahnarzt ohne hohen Kraftaufwand auf die genaue Platzierung der Restauration konzentrieren. Dazu gehört auch eine geringe Klebrigkeit, um bei einem eventuellen Kontakt mit dem Material nicht die Nachbarzähne zu kontaminieren.
- Komfortable Überschussentfernung: Dank des eingesetzten Photoinitiators Ivocerin ist ein komfortables Zeitfenster geschaffen worden, um die Überschüsse zu belichten und rechtzeitig ohne grossen Kraftaufwand zu entfernen. Im Gegensatz zu vielen anderen Produkten auf dem Markt ist die Überschussentfernung nicht durch Reduktion der lichthärtenden Eigenschaften „erkaufte“ worden. Im Gegenteil, durch die hohe Reaktivität von Ivocerin kann die vollständige Aushärtung nach der Entfernung der Überschüsse gewährleistet werden.
- Effiziente Bearbeitung der Fugen: Die Ränder können leicht, effizient und zeitsparend mit Polierinstrumenten bearbeitet werden.
- Ästhetische Performance: Das neue „Effekt-Farbkonzzept“ erweitert den Umfang des Farbsortiments und setzt neue Standards in dieser Produktklasse. Unabhängig von der Farbe wird ein deutlicher Chamäleon-Effekt erreicht. Der Einsatz von Ivocerin hat den grossen Vorteil, dass im Vergleich mit dem klassischen Campherchinon/Amin-System der relativ starke Gelb-Effekt ausbleibt.

Mit Variolink Esthetic wurde ein von Grund auf neues Befestigungsmaterial entwickelt, das einfache Anwendung, hochästhetische Eigenschaften sowie langfristige Performance vereint.

Dr. Erik Braziulis
Research Associate
Wissenschaftlicher Dienst



Materialwissenschaftliche Untersuchungen zu Variolink® Esthetic

Einleitung

Während der Entwicklungsphase eines Medizinprodukts werden zahlreiche in vitro-Tests durchgeführt. Obwohl diese die klinische Eignung nicht direkt vorhersagen können, liefern sie wertvolle Hinweise, z.B. für die Kompatibilität mit anderen Restaurationsmaterialien oder die Toleranz gegenüber Verarbeitungseinflüssen. Variolink® Esthetic wurde in zahlreichen in vitro-Studien getestet, deren wichtigsten Ergebnisse im nachfolgenden Kapitel zusammengefasst werden.

Einige Eigenschaften von Variolink Esthetic liessen sich nur durch die Verwendung des Lichtinitiators Ivocerin® realisieren, der zum einen sehr reaktiv ist, sich aber auch gleichzeitig gut regulieren lässt. Denn die Aushärtung eines Befestigungscomposites verläuft idealerweise in sehr unterschiedlichen Phasen: in der ersten Phase soll der Anwender genügend Zeit haben, das Material zu verarbeiten. Dabei sollte die Polymerisation noch nicht durch das Umgebungslicht initiiert werden. In der nächsten Phase soll das Befestigungscomposite für die Überschussentfernung „anpolymerisiert“ werden, damit der Überschuss eine gelartige Konsistenz erreicht. In dieser Phase sollte das Befestigungscomposite auf gar keinen Fall vollständig polymerisieren, da es sonst zu hart würde. Die Polymerisation sollte also nur sehr langsam einsetzen. Nach der Überschussentfernung soll das Befestigungscomposite dann schnell und zuverlässig polymerisieren und seine endgültige Festigkeit erreichen. All diese Eigenschaften konnten in Variolink Esthetic realisiert werden durch den Einsatz von Ivocerin, das sehr reaktiv ist und gleichzeitig gut reguliert werden kann.

Die im Folgenden aufgeführten Studien zeigen, dass Variolink Esthetic – auch bei Belichtung durch Restaurationsmaterialien – eine hohe Endfestigkeit erreicht und so eine hohe und beständige Haftung erzielt. Gleichzeitig ist es gelungen, die Reaktivität so zu kontrollieren, dass eine sehr anwenderfreundliche Überschussentfernung möglich ist, wie auch zahlreiche Validierungstests und Rückmeldungen von Zahnärzten belegen.

Polymerisation durch Restaurationen

Befestigungscomposites werden durch das Restaurationsmaterial belichtet, das einen Teil des Polymerisationslichtes absorbiert und streut. Auch transluzente Restaurationsmaterialien reduzieren das Licht, das für die Polymerisation zur Verfügung steht, allerdings weit weniger als opake Materialien (siehe Abb. 1). Bei einer Schichtstärke von 2 mm erreicht nur ca. 20 % des Lichtes das Befestigungscomposite. Die Eigenschaften der Restauration sollten daher bei Wahl der Belichtungsparameter beachtet werden.

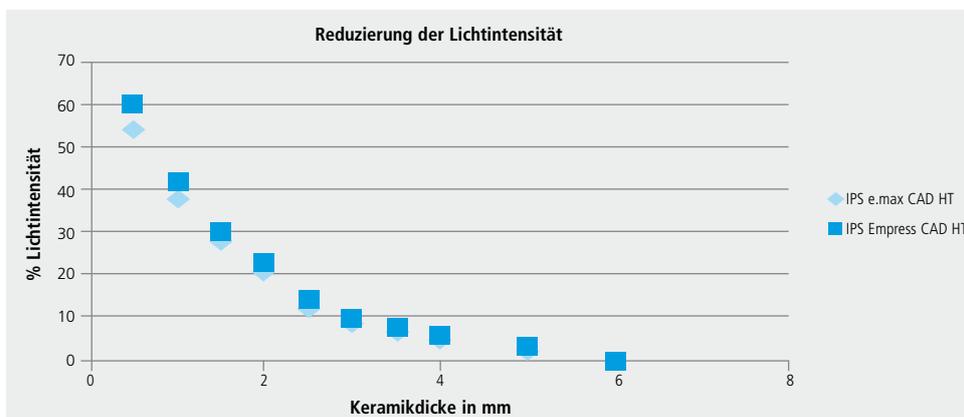


Abb. 1 Reduzierung der Lichtintensität einer Polymerisationslampe (Bluephase Style) bei Belichtung durch Keramik-Materialien unterschiedlicher Stärke (Farbe: HT A2). N. Ilie, LMU München, 2015

Neben der Verwendung einer geeigneten Polymerisationslampe und der Anpassung der Belichtungsdauer auf die Restaurationsstärke ist ein hoch reaktiver Photoinitiator entscheidend für die zuverlässige Polymerisation des Befestigungscomposites. Dank Ivocerin kann Variolink Esthetic auch unter Restaurationen zuverlässig polymerisieren.

Die Eigenschaften von Befestigungscomposites sind abhängig von ihrem Aushärtungsgrad, der mittels Härtebestimmung untersucht werden kann. Die Belichtung von ca. 500 µm dicken Schichten erfolgte für 10 bzw. 20 Sekunden mit einer Bluephase® Style durch unterschiedlich dicke Keramikplättchen (IPS e.max® CAD HT A2 bzw. IPS Empress® CAD HT A2). Die Oberflächenhärte der polymerisierten Prüfkörper wurde nach 24 Stunden Wasserlagerung bestimmt (siehe Abb. 2).

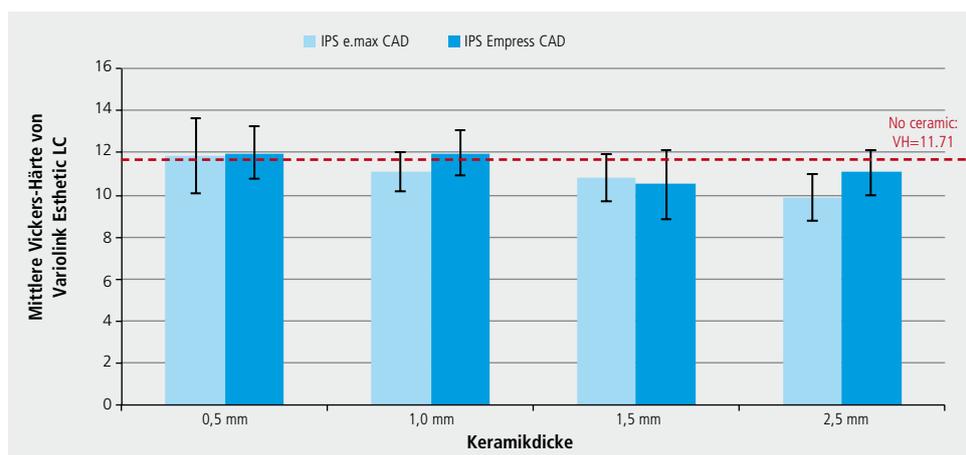


Abb. 2 Mittlere Härte von Variolink Esthetic LC nach 10 Sekunden Belichtung mit einer Bluephase Style durch Keramikscheiben unterschiedlicher Dicke. N. Ilie, LMU München, 2015

Die Härte von kurz belichtetem (10 Sek.) Variolink Esthetic nimmt mit zunehmender Schichtdicke der Keramik ab. Dieser Effekt lässt sich allerdings durch Verlängerung der Belichtung auf 20 Sek. kompensieren.

Biegefestigkeit

Die Biegefestigkeit ist der Widerstand eines Prüfkörpers bei Biegebelastung im Augenblick des Bruchs. Zusätzlich zur Druck- und Zugfestigkeit stellt die Biegefestigkeit einen signifikanten Kennwert dar, der die mechanische Stärke eines Materials beschreibt. Die Biegefestigkeit von Compositematerialien wird massgeblich von deren chemischen Zusammensetzung beeinflusst.

In den Biegefestigkeitstests wurden die Befestigungscomposites lichtgehärtet und anschliessend für 24 Stunden in Wasser bei 37 °C gelagert (Test gemäss ISO 4049).

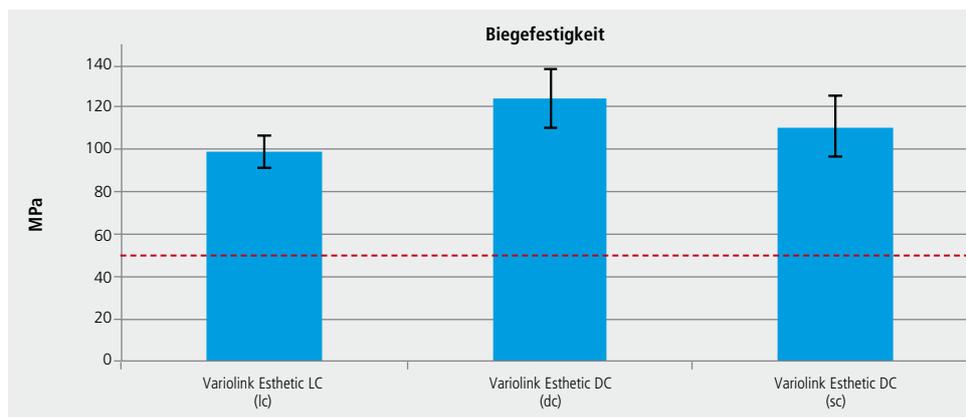


Abb. 3 Biegefestigkeit von Variolink Esthetic LC und DC. Der Aushärtungsmodus ist in Kleinbuchstaben angegeben (lc = Licht-Härtung, dc = Dual-Härtung, sc = Selbsthärtung). Die gestrichelte rote Linie zeigt die minimale Biegefestigkeit gemäss ISO 4049 (50 MPa). F&E Ivoclar Vivadent AG, Schaan, 2013–2014

Die hohe Biegefestigkeit von Variolink Esthetic wurde auch in externen Messungen von Prof. Irie in Japan bestätigt. In dieser Studie wurde ein Teil der Prüfkörper unmittelbar nach der Verklebung und ein Teil nach einer 24-stündigen Einlagerung in Wasser gemessen.

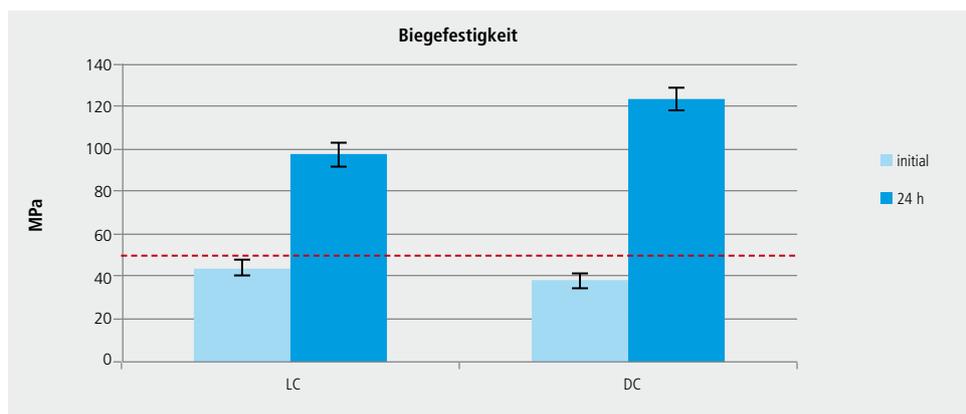


Abb. 4 Biegefestigkeit von Variolink Esthetic LC und DC. Vergleich der Werte direkt nach Verklebung und nach 24 h. Die gestrichelte rote Linie ist die minimale Biegefestigkeit gemäss ISO 4049 (50 MPa nach 24 h). M. Irie, Okayama Universität, Japan, 2014

Um eine leichte Überschussentfernung zu ermöglichen, wurde die anfängliche Aushärtungsgeschwindigkeit von Variolink Esthetic reduziert. Daher sind die initialen Werte niedriger als die Werte nach 24 Stunden. Die ISO-Norm 4049 definiert eine minimale Biegefestigkeit von 50 MPa nach 24 Stunden. Dieser Wert wird sogar bereits direkt nach der Verklebung fast erreicht.

Haftung auf unterschiedlichen Substraten

Haftung auf Zahnhartsubstanz (mit Adhäsiv)

Die Adhäsion von Variolink Esthetic in Kombination mit Adhese Universal auf Zahnsubstraten wurde unter anderem von Prof. Irie an der Okayama Universität untersucht. Die Scherhaftung wurde auf 3,6-mm-Prüfkörpern gemäss ISO TR 11405 gemessen.

Die Adhäsive wurden auf das Zahnsubstrat – Rinderdentin oder -schmelz – nach Ätzung mit Phosphorsäure (Total-Etch, TE) oder ohne Phosphorsäureätzung (Self-Etch, SE) aufgetragen. Anschliessend wurden Zylinder aus polymerisiertem Tetric EvoCeram® auf dem Substrat befestigt. Alle Befestigungscomposites wurden dualhärtend verarbeitet. Die Scherhaftung wurde nach 24-stündiger Lagerung in Wasser bei 37 °C gemessen.

Ergebnisse:

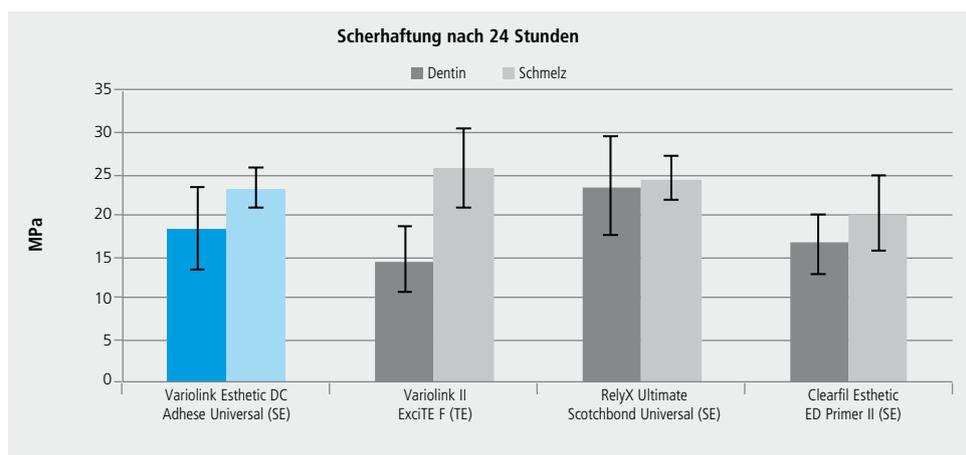


Abb. 5 Scherhaftung auf Dentin und Schmelz 24 Stunden nach dem Auftragen. (TE) Total-Etch, (SE) Self-Etch. M. Irie, Okayama Universität, Japan, 2014.

Auf Dentin und Schmelz erreicht Variolink Esthetic in Kombination mit Adhese Universal sehr gute Haftwerte.

Haftung auf Restaurationsmaterial (mit Primer)

Die Scherfestigkeit auf IPS e.max CAD und IPS e.max ZirCAD wurde von Dr. Rzanny, Universität Jena, untersucht. Prüfkörper mit einem Durchmesser von 5 mm wurden auf den Keramiksubstraten in Kombination mit den jeweils empfohlenen Primern bzw. Adhäsiven befestigt und 90 Sekunden in einem Universal-Lichthärtegerät polymerisiert. Die Scherfestigkeit wurde nach 24 Stunden Wasserlagerung sowie nach 25.000 Temperaturwechselbelastungen (TWL) zwischen 5 und 55°C bestimmt.

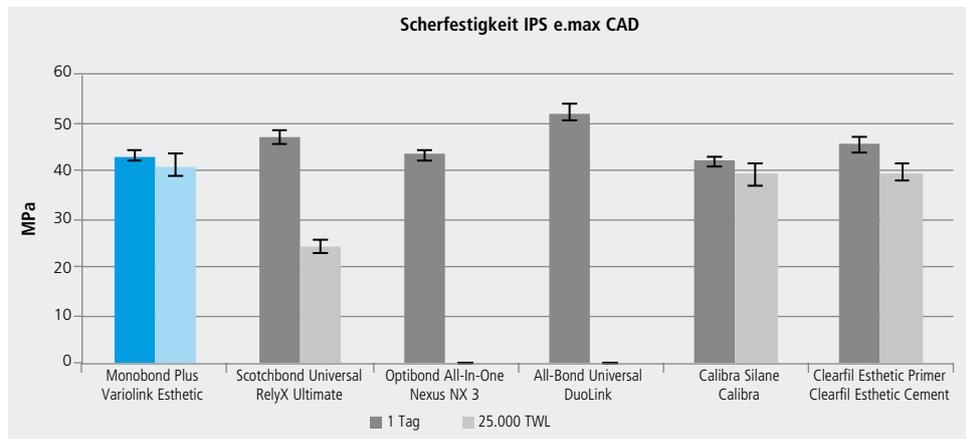


Abb. 6 Scherfestigkeit der Lithiumdisilikat-Keramik IPS e.max CAD zu Befestigungscomposite unterschiedlicher Firmen unter Verwendung der jeweiligen firmenspezifischen Konditionierung. A. Rzanny, Universität Jena, 2015

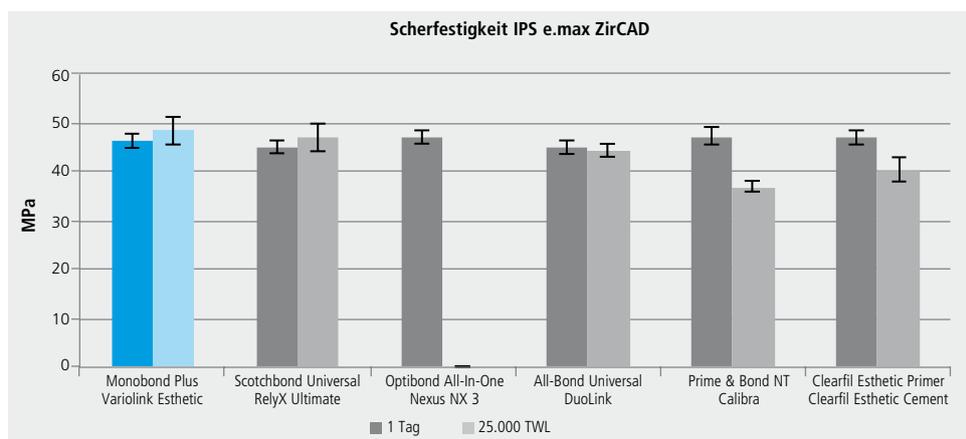


Abb. 7 Scherfestigkeit der Zirkoniumoxid-Keramik IPS e.max ZirCAD zu Befestigungscomposite unterschiedlicher Firmen unter Verwendung der jeweiligen firmenspezifischen Konditionierung. A. Rzanny, Universität Jena, 2015

Bei allen getesteten Befestigungscomposites waren die Haftwerte auf IPS e.max CAD nach einem Tag Lagerung sehr gut. Deutliche Unterschiede zeigten sich jedoch nach 25.000 Thermowechselbelastungen: Auf IPS e.max CAD blieb die Haftung von Variolink Esthetic/Monobond Plus nahezu unverändert, während bei zwei anderen Produktkombinationen der

Verbund völlig versagte und bei einem weiteren die Scherfestigkeit auf die Hälfte reduziert war. Auf der Zirkoniumoxid-Keramik IPS e.max ZirCAD erreichten alle Befestigungscomposites initial sehr hohe Haftwerte. Nach 25.000 Thermowechselbelastungen versagte der Verbund bei einem Befestigungscomposite, bei einem weiteren war die Haftung geringfügig aber signifikant verringert.

In einer weiteren Studie untersuchte Prof. Kern, Universität Kiel, die Zughaftung verschiedener Befestigungscomposites in Kombination mit den jeweils indizierten Primern bzw. Adhäsiven.

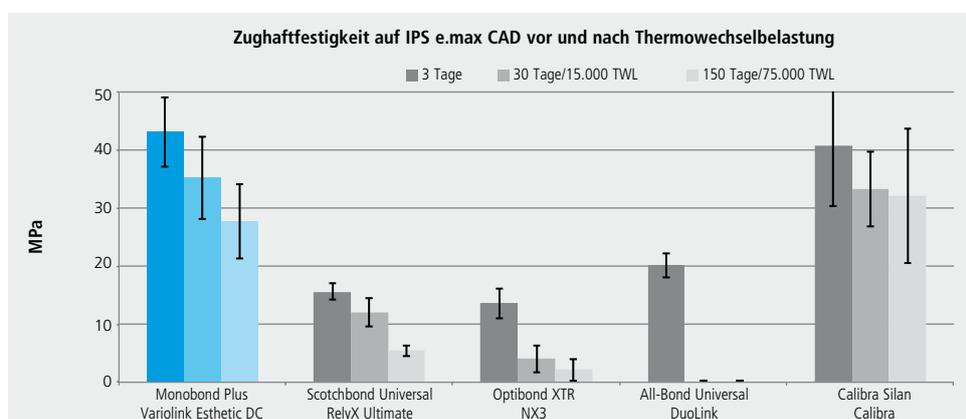


Abb. 8 Zughaftung verschiedener Befestigungssysteme auf IPS e.max CAD. M. Kern, Universität Kiel, 2015

Das Verbundsystem Monobond Plus/Variolink Esthetic zeigt über 3 Tage, 30 Tage und 15.000 Thermowechselasten sowie 150 Tage und 75.000 Thermowechselasten einen stabilen Klebeverbund zu der Lithium-Disilikat-Keramik IPS e.max CAD sowie zu der Zirkoniumoxid-Keramik Wieland Zenostar T (nicht abgebildet).

Fazit

Zahlreiche in vitro-Tests belegen die sehr guten physikalischen Eigenschaften und hervorragende Haftung auf allen indizierten Materialien und Oberflächen. Diese Untersuchungen – zusammen mit zahlreichen hier nicht aufgeführten Studien – zeigen, dass Variolink Esthetic sehr gut geeignet ist, eine starke und verlässliche Bindung zwischen Zahnstumpf und Restauration zu schaffen.



Dr. Ronny Watzke
Head of Department
Klinische Praxis

Variolink® Esthetic – Einfluss des Befestigungscomposites und anderer Faktoren auf die Gesamtwirkung vollkeramischer Restaurationen

Einleitung

Das Variolink® Esthetic Effekt-Farbsystem wurde entwickelt, um dem Anwender die Möglichkeit zu geben, je nach klinischer Situation (Inlay/Teilkrone, Veneer, Krone), die Gesamtwirkung vollkeramischer Restaurationen durch die Wahl der entsprechenden Befestigungscomposite-Effektfarbe (neutral, aufhellen, abdunkeln) anzupassen. Dabei sollte je nach Restaurationstyp der Betrachtungswinkel des Behandler/teams/des Patienten zur Zementfuge Beachtung finden (Abb. 1 und 2).

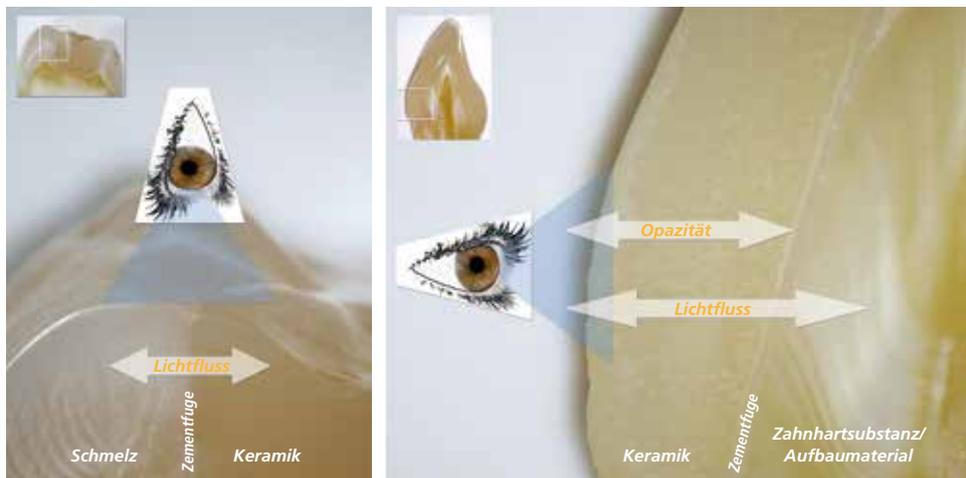


Abb. 1 Betrachtungswinkel zur Befestigungsmaterial-Schicht bei einem Inlay

Abb. 2 Betrachtungswinkel zur Befestigungsmaterial-Schicht bei einem Veneer oder einer Krone

Bei einem adhäsiv befestigten Inlay wird die Zementfuge direkt betrachtet, so dass eine zu starke Opazität des Befestigungsmaterials den Lichtfluss zwischen Zahnhartsubstanz und Keramik blocken würde und die Restauration und die Zementfuge sichtbar wären. Deshalb finden bei Inlaybefestigung vor allem transparente und geringfügig farbige Befestigungsmaterialien Anwendung, welche den Lichtfluss zwischen Schmelz und Keramik garantieren (Abb. 1) und den sogenannten „Chamäleon“-Effekt hervorrufen, was wiederum zu einer fast unsichtbaren Integration der Restauration führt. Im Gegensatz zur Inlayversorgung erfolgt bei einem adhäsiv befestigten Veneer oder einer Krone keine direkte Betrachtung der Zementfuge,

da diese meist epi- oder subgingival im anterioren/sichtbaren Bereich verläuft. Dadurch kann ein opakes oder stark farbiges Befestigungscomposite verwendet werden, um den Lichtfluss zwischen Restauration und Zahnhartsubstanz zu blocken und damit die Restauration aufzuhellen oder abzdunkeln (Abb.2 und 3).

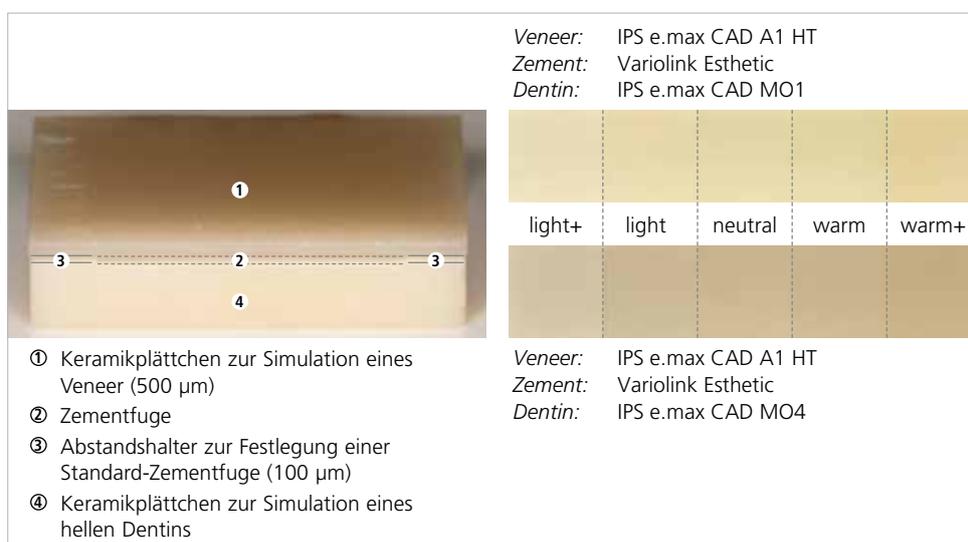


Abb. 3 In-vitro-Versuchsaufbau, um den Einfluss des Befestigungscomposites an der Gesamtwirkung einer Restauration zu evaluieren

Grundsätzlich ist die Gesamtwirkung einer adhäsiv eingesetzten Vollkeramik-Restauration abhängig von (Abb. 4) [1]:

- der Schichtstärke, Transluzenz und Farbe der natürlichen Zahnhartsubstanz bzw. des Aufbaumaterials [2],
- der Schichtstärke, Transluzenz und Farbe des Restaurationsmaterials und
- der Schichtstärke, Transluzenz und Farbe des Befestigungscomposites.



Abb. 4 Einflussfaktoren für die ästhetische Gesamtwirkung einer adhäsiv befestigten Keramikrestauration

Einfluss des Behandlungsablaufes

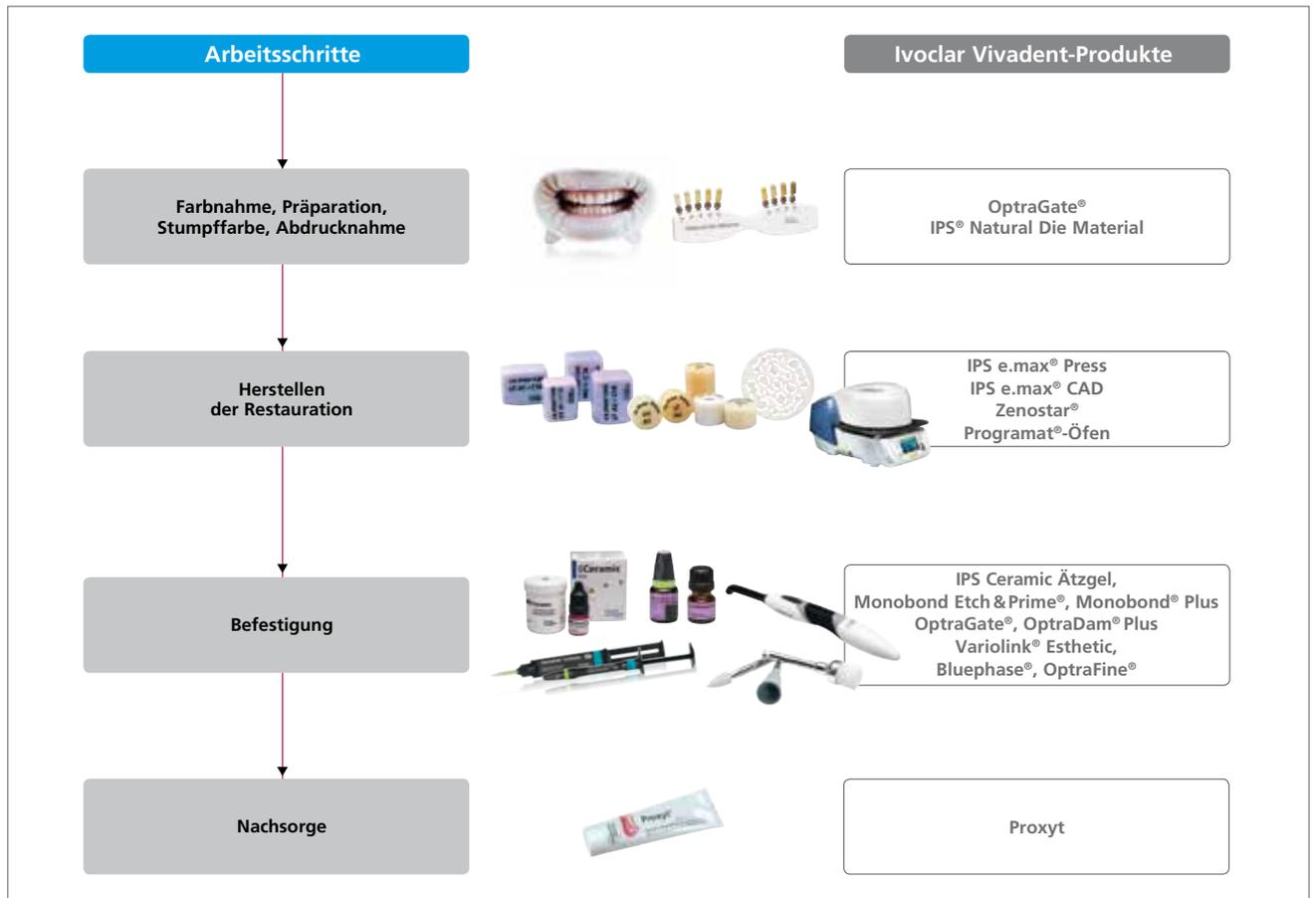


Abb. 5 Workflow bezüglich Erstellung und Befestigung einer ästhetischen vollkeramischen Restauration

Um eine naturgetreue Restauration fertigen zu können, sollte klinisch nach einem strukturierten Workflow vorgegangen werden (Abb. 5). Bevor ein Zahn für eine indirekte Restauration präpariert wird, erfolgt die Zahnfarbenbestimmung mittels eines Farbschlüssels. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Zahnhartsubstanz nicht ausgetrocknet ist, denn ausgetrocknete Zähne wirken deutlich heller/opaker (Abb. 6–9).



Abb. 6 Einprobe einer IPS e.max CAD HT- Restauration mittels Variolink Esthetic Try-In Paste neutral



Abb. 7 Kofferdamm-Applikation am Zahn 46 vor adhäsiver Befestigung der Vollkeramik-Restauration



Abb. 8: Zustand direkt nach Eingliederung nach Kofferdamm-Entfernung. Die Zahnhartsubstanz mesial des Zahnes 46 wirkt deutlich heller/opaker, aufgrund der Austrocknung unter Kofferdamm



Abb. 9 Baseline-Situation nach ca. einer Woche, die Restauration ist ästhetisch perfekt integriert

Einfluss der Stumpffarbe/Restzahnhartsubstanzfarbe

Eine Zahnfarbenbestimmung an Zähnen, z.B. nach Kofferdammapplikation, führt zur Bestimmung einer helleren Zahnfarbe und damit ggf. zur Herstellung einer farblich nicht passenden Restauration. Nach der Zahn-Präparation sollte eine Farbbestimmung des präparierten „Stumpfes“ erfolgen. Hierzu eignet sich besonders gut das „IPS Natural Die Material“-Konzept. Mit einem separaten Farbschlüssel kann die „Stumpffarbe/Restzahnhartsubstanzfarbe“ bestimmt werden, so dass im Zahntechniklabor ein patientenähnliches Stumpfmodell hergestellt werden kann. Dieses dient anschliessend zur korrekten Farb- und Helligkeitseinstellung der Restauration (Abb.10).



Abb. 10 Gesamtwirkung eines Veneers (500µm) bei gleichbleibendem Befestigungsmaterial, aber wechselnder Zahnstumpffarbe
 Restauration = Veneer (500 µm) = IPS e.max CAD HT B1
 Befestigungsmaterial = Variolink Esthetic neutral
 Zahnstumpffarbe = IPS Natural Die Material Nr. 1 > 2 > 3 > 4 > 5 > 6 > 7 > 8 > 9

Einfluss des Restaurationsmaterials

Je nach Indikation stehen verschiedene Restaurationsmaterialien in verschiedenen Farben und mit verschiedenen Transluzenzen zur Verfügung. Eine zunehmende Schichtstärke des Restaurationsmaterials hat einen zunehmenden Einfluss auf die Gesamtwirkung der Restauration (Abb.11) [3]. Bei der Transluzenz des Restaurationsmaterials verhält es sich genau umgekehrt, d.h. bei einer grösseren Transluzenz des Restaurationsmaterials haben Zahnhartsubstanz und Befestigungsmaterial einen stärkeren Einfluss auf die Gesamtästhetik der Restauration. Die Farbe des Restaurationsmaterials beeinflusst ebenfalls das Restaurations-Gesamterscheinungsbild. Je farbiger eine Restauration ist, desto stärker ist der Einfluss auf das Gesamtergebnis (Abb.12).



Abb. 11 Einfluss der Schichtstärke und Transparenz des Restaurationsmaterials bei gleicher Farbe, bei gleichem Befestigungscomposite und gleicher Zahnstumpffarbe
 Restauration -> links = Veneer (500 µm, IPS e.max CAD HT B1)
 -> rechts = Krone (1,5 mm, IPS e.max CAD LT B1)
 Befestigungsmaterial = Variolink Esthetic neutral
 Zahnstumpffarbe = IPS Natural Die Material Nr. 6



Abb. 12 Einfluss der Restaurationsfarbe auf die Gesamtwirkung bei gleichem Befestigungscomposite und gleicher Zahnstumpffarbe
 Restauration = Krone (1,5 mm)
 -> IPS e.max CAD LT B1 (links)
 -> IPS e.max CAD LT A3 (rechts)
 Befestigungsmaterial = Variolink Esthetic neutral
 Zahnstumpffarbe = IPS Natural Die Material Nr. 7

Einfluss des Befestigungscomposites

Die Schichtstärke des Befestigungscomposites ist im Vergleich zur Rest-Zahnhartsubstanz und dem Restaurationsmaterial sehr dünn und hat deshalb vor allem bei dicken und farbigen Restaurationen einen kleineren Einfluss auf das ästhetische Gesamtergebnis [4]. Die Befestigungscomposite-Schichtstärke wird mittels Distanzlack (Presstechnik) oder mittels Spacer (CAD/CAM) definiert und sollte möglichst gering sein, um die Restaurationspassung nicht zu beeinflussen. Mittels steigender Opazität und Farbigkeit des Befestigungscomposites können vor allem dünne und transparente Restaurationen über die dünne Compositeschicht beeinflusst werden (aufhellen bzw. abdunkeln) (Abb.13).



Abb. 13 Einfluss der Befestigungscomposite-Farbe auf dünne, transparente Restauration bei gleicher Zahnstumpffarbe
 Restauration = Veneer (500 µm) = IPS e.max CAD HT B1
 Zahnstumpffarbe = IPS Natural Die Material Nr. 5
 Befestigungsmaterial = Variolink Esthetic (light+ > light > neutral > warm > warm+)

Bei der Einprobe einer Restauration vor der finalen adhäsiven Befestigung sollte unbedingt eine Try-In-Paste, korrespondierend zur späteren Befestigungscomposite-Farbe, verwendet werden. Ohne die Verwendung einer Try-In-Paste kann aufgrund der Lichtbrechung an der Restaurationsinnenfläche das Gesamtergebnis nicht beurteilt werden (Abb.14 und 15). Es sollte beim Einprobieren der Restauration wie bei der Zahnfarbenbestimmung darauf geachtet werden, dass die Zahnhartsubstanz nicht ausgetrocknet ist, denn ausgetrocknete Zähne wirken deutlich heller/opaker. Es könnte deshalb eine Befestigungscomposite-Farbe mit weniger Chroma/stärkerer Opazität ausgewählt werden. Nach Rewetting der Zähne würde die Restauration evtl. zu chromatisch/zu hell erscheinen.



Abb. 14 Try-in IPS e.max CAD HT Inlay am Zahn 16 ohne Try-In-Paste. Aufgrund des unterbrochenen Lichtflusses zwischen Zahnhartsubstanz und Restauration ist die Zementfuge und damit die Restauration gut erkennbar.



Abb. 15 Try-in IPS e.max CAD HT Inlay am Zahn 16 mit Variolink Esthetic Try-In Paste neutral. Aufgrund des Lichtflusses zwischen Zahnhartsubstanz und Restauration ist die Zementfuge nicht sichtbar und die Restauration ästhetisch perfekt integriert.

Fazit

Variolink Esthetic bietet je nach klinischer Situation die Möglichkeit, die ästhetische Gesamtwirkung einer vollkeramischen Restauration zu beeinflussen. Durch die abgestimmten Opazitäten/Transluzenzen der Effektfarben können Restaurationen gezielt aufgehellt oder abgedunkelt werden. Die richtige Wahl der Befestigungscomposite-Farbe ist durch die zum System gehörenden Try-In-Pasten einfach und effizient möglich. Dem Behandler-Team sollte dabei bewusst sein, dass das Befestigungsmaterial aufgrund seiner geringen Schichtstärke nur einen kleinen Einfluss auf die Gesamtästhetik einer Restauration haben kann. Deshalb sollten die anderen Ästhetik-Einflussfaktoren, z.B. die Zahn- und Stumpffarbenbestimmung sowie der Restaurationswerkstoff während des Behandlungsablaufs beachtet werden.

Literatur

- [1] Barão VA, Gennari-Filho H, Goiato MC, dos Santos DM, Pesqueira AA., Factors to achieve aesthetics in all-ceramic restorations., *J Craniofac Surg.* 2010 Nov;21(6):2007-12
- [2] Nakamura T1, Saito O, Fuyikawa J, Ishigaki S., Influence of abutment substrate and ceramic thickness on the colour of heat-pressed ceramic crowns., *J Oral Rehabil.* 2002 Sep;29(9):805-9.
- [3] Turgut S, Bagis B, Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: an in vitro study., *J Prosthet Dent.* 2013 Mar;109(3):179-86
- [4] Chang J, Da Silva JD, Sakai M, Kristiansen J, Ishikawa-Nagai S., The optical effect of composite luting cement on all ceramic crowns., *J Dent.* 2009 Dec;37(12):937-43.

Dr. Stephanie Huth*Research Associate**Klinische Praxis*

Variolink® Esthetic in der klinischen Anwendung

Einleitung

Adhäsive Befestigungscomposites stellen eine etablierte Gruppe von dentalen Befestigungsmaterialien dar. Durch sie können hochästhetische Restaurationsmaterialien, wie IPS e.max® CAD/Press, auch bei nicht retentiven Präparationen eingesetzt werden und ermöglichen damit eine defektorientierte Präparation. Gerade bei Restaurationen mit einer geringen Materialschichtstärke können adhäsive Befestigungscomposites durch ihre Farbe und Transparenz das ästhetische Ergebnis beeinflussen. Adhäsive Befestigungsmaterialien zeichnen eine langfristige Integrität des marginalen Zementspalts aus, was durch eine geringe Löslichkeit und eine hohe Abrasionsbeständigkeit erreicht wird [1, 2, 3].

Handlungseigenschaften

Bei der Entwicklung von Variolink® Esthetic sollte eine leichte Überschussentfernung als wichtiges Kundenbedürfnis berücksichtigt werden. Durch eine optionale Vorpolymerisation der Überschüsse können diese im gelartigen Zustand leicht entfernt werden. Darüber hinaus verhindert die flexible Konsistenz, dass während der Positionierung bzw. der Vorbelichtung Materialüberschüsse über benachbarte Strukturen fließen (siehe Kapitel „Von Variolink® II und Variolink® Veneer zu Variolink® Esthetic“). Für die Vorbelichtung der Überschüsse kann bei Variolink Esthetic DC die sogenannte Vierteltechnik angewandt werden. Dabei wird jedes Segment (disto-oral, mesio-oral, disto-bukkal, mesio-bukkal) für jeweils zwei Sekunden polymerisiert (Fallbeispiel 1). Bei Variolink Esthetic LC wird die gesamte Zementfuge innerhalb von zwei Sekunden abgefahren und vorbelichtet (sog. Kreistechnik). Eine Überschussentfernung durch die klassische Wischtechnik ist bei beiden Varianten ebenfalls möglich (Fallbeispiel 2).

Klinische Erfahrung mit Variolink® Esthetic

Im Rahmen einer Anwendungsbeobachtung wurden klinische Erfahrungen mit dem Befestigungscomposite Variolink Esthetic gesammelt. Im Fokus standen dabei die Erfassung und Bewertung möglicher, postoperativer Beschwerden, der ästhetischen Integration und der initialen Randqualität der eingegliederten Restaurationen. Es wurde die klinische Performance von insgesamt 60 vollkeramischen Inlays und Onlays aus IPS e.max CAD untersucht, die mit Variolink Esthetic DC eingesetzt wurden. Als Adhäsive wurden Syntac® und Adhese® Universal im Etch&Rinse- und im Self-Etch-Verfahren angewandt, so dass sich insgesamt drei Untersuchungsgruppen ergaben (Abb.1). Die eingegliederten Restaurationen aus IPS e.max CAD wurden gemäss FDI-Kriterien [4, 5] (Tabelle 1) beurteilt, wobei eine semiquantitative, klinische Evaluation (SQUACE, **semi-quantitative clinical evaluation of restorations**) angewandt wurde, mit deren Hilfe Randdefizite, Randverfärbungen und Randkaries im Verhältnis zum Gesamt-Restaurationsrand dokumentiert werden konnten [6].

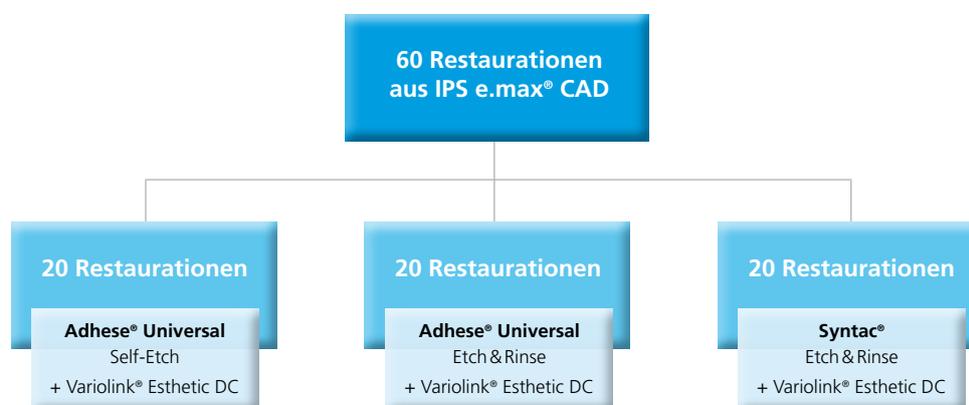


Abb. 1 Schematische Darstellung der untersuchten Materialkombinationen

		Beurteilung der Restauration					Beurteilung des Restaurationsrandes			
		A = ästhetisch		B = funktional	C = biologisch		A = ästhetisch	B = funktional	C = biologisch	
		Verfärbung Restauration	Farbabstimmung/ Transluzenz	Anatomische Form	Fraktur/Retentions- verlust	Hyper- sensibilität	Benach. Schleimhaut	Rand- verfärbung	Marginale Adaptation (Randdefizit)	Sekundär- karies
1. Sehr gut	Glanz Glanz vergleichbar zu Schmelz	Keine Verfärbung	Gut, kein Unterschied in Farbe/Transluzenz	Ideale Form	Keine Fraktur/keine Risse	Keine Hypersensibilität, normale Vitalität	Gesunde Schleimhaut	Keine marginale Rand- verfärbung	Rand ebermässig, keine Spalten, weisse oder verfärbte Linien	Keine Sekundärkaries, keine Primärkaries
2. Gut (sehr gut nach Korrektur)	Leicht matt, aus Spredistanz nicht bemerkbar, isolierte kleine Poren	Leichte, durch Politur entfernbare Verfärbung	Leichte, farbliche Abweichung	Leichte Abweichung	Kleine Haarrisse	Geringe Hyper- sensibilität für begrenzt- ten Zeitraum, normale Vitalität	Gesund nach Entfernen mechan. Irritation	Leichte marginale Verfärbung, durch Politur leicht entfern- bar	2.1 marginaler Spalt <150 µm, weisse Linien 2.2 leichte, marginale Fraktur, durch Politur entferntbar 2.3 leichte Grat- bildung, geringer Randdefizit	Kleine, lokalisierte Demineralisierung
3. Befriedigend/ ausreichend	3.1 Matte Oberfläche, akzeptabel wenn mit Speichel bedeckt 3.2 Mehrere kleine Poren	Moderate Verfärbung, ggf. auch auf anderen Zähnen, ästhetisch akzeptabel	Deutliche Abweichung, aber akzeptabel, beeinflusst nicht Ästhetik	Form weicht ab, aber ästhetisch akzeptabel	Zwei oder mehr grössere Haarrisse und/oder Chippings, beeinflussen nicht marginale Integrität/ Approximalkontakt	3.1 Mässige Hyper- sensibilität 3.2 Zeitversetz, keine subjektiven Beschwerden, keine Behandlung nötig	Schleimhautver- änderung ohne kausa- len Zusammenhang mit Restauration	Mässige Randver- färbung, ästhetisch akzeptabel, sichtbar auch an anderen Zähne	3.1 Spalt <250 µm, nicht entferntbar 3.2 Zahlreiche, leichte Randausbrüche 3.3 Grössere Rand- defizite, Stufen oder Grabbildung	Grossflächige Demine- ralisierung, präventive Massnahmen
4. Unbe- friedigend/ reparierbar	4.1 Raue Oberfläche, kann durch Speichel nicht maskiert werden, einfache Politur nicht ausreichend 4.2 Fehlstellen	Nicht akzeptable Verfärbung, grössere Massnahme zur Ver- besserung notwendig	Lokalisierte, klinische Abweichung, durch Reparatur korrigierbar	Form beeinträchtigt und ästhetisch nicht akzeptabel, Korrektur notwendig	4.1 Fraktur beeinflusst marginale Integrität oder Approximal- kontakt 4.2 Bulk-Fraktur mit partiellem Verlust der Restauration (weniger als die Hälfte der Restauration)	4.1 Starke Hyper- sensibilität 4.2 Zeitversetz, geringe, subjektive Beschwerden 4.3 Keine klinisch fest- stellbare Sensi- bilität, Behandlung notwendig, kein Ersatz der Restauration	Leichte allergische, lichenoidale oder toxische Reaktion	Ausgeprägte Rand- verfärbung, zur Verbesserung grössere Intervention notwendig	4.1 Spalt > 250 µm oder Dentin frei- gelegt 4.2 Starke Grabbildung oder marginalen Frakturen 4.3 Grosse Rand- defizite oder Stufen (Reparatur not- wendig)	Karies mit Kavitäten- bildung und Verdacht auf Unterminierung
5. Mangelhaft (Austausch not- wendig)	Sehr raue Oberfläche, nicht akzeptable Plaqueretentions- oberfläche	Starke Verfärbung und/ oder nicht zugängliche Verfärbung unterhalb der Oberfläche	Nicht akzeptabel, Ersatz der Restauration notwendig	Form unzureichend, Reparatur nicht mög- lich, Ersatz der Restauration	(Teil-)Verlust der Restauration oder multiple Frakturen	Starke, akute Pulpitis oder devitaler Zahn. Endodontische Behandlung und Ersatz der Restauration	Starke allergische, lichenoidale oder toxische Reaktion	Tiefe, marginale Verfärbung, für Intervention nicht zugänglich	5.1 Restauration geloockert, noch in situ 5.2 General-, grössere Spalten oder Randdefizite	Tiefe Karies, nicht zugänglich für Reparatur der Restauration

Tab. 1 Erläuterungen zur klinischen Beurteilung der Restaurationen nach FDI-Kriterien



Abb. 2 Ausgangssituation, Zahn 36 mit insuffizienter Composite-Füllung



Abb. 3 Präparation für Keramik-Teilkrone aus IPS e.max CAD



Abb. 4 Einprobe der fertiggestellten Restauration aus IPS e.max CAD mit Variolink Esthetic Try-In-Paste (Farbe neutral)



Abb. 5 Ätzen der Kavität mit 37%-iger Phosphorsäure (Total Etch)



Abb. 6 Einreiben von Adhese Universal auf der Zahnoberfläche für 20 Sekunden. Danach erfolgte das Verblasen und die Polymerisation des Adhäsives



Abb. 7 Applikation des Zements auf die Restauration und Positionieren mit Hilfe von OptraStick®



Abb. 8 Polymerisation der Zementüberschüsse mittels Polymerisationslampe (z.B. Bluephase® Style) im Abstand von max. 10 mm 2 Sekunden pro Viertelseite (Vierteltechnik)



Abb. 9 Entfernen der Überschüsse mit gelartiger Konsistenz mit Hilfe eines Scalers. Druck auf Restauration bis zur finalen Polymerisation aufrecht erhalten



Abb. 10 Auftragen von Liquid Strip zur Verhinderung einer Sauerstoffinhibierungsschicht



Abb. 11 Finale Polymerisation für 10 Sekunden pro mm Keramik und Segment mit einer Polymerisationsleistung von mind. 1'000 mW/cm² (z.B. Bluephase Style)



Abb. 12 Politur der Restaurationsränder mit OptraPol®



Abb. 13 Finales Ergebnis eine Woche nach erfolgreicher Zementierung

Postoperative Sensibilitäten

Beim Baselinebefund der 60 Restaurationen lagen keine postoperativen Hypersensibilitäten vor, die mit dem Adhäsiv oder Befestigungscomposite in Zusammenhang gebracht werden konnten. Ein Patient bemerkte leichte Kälte-Empfindlichkeiten, die jedoch nach wenigen Tagen verschwanden. Der Nachbarzahn reagierte ebenfalls empfindlich auf Kälte. Ein weiterer Patient berichtete von einer leichten Empfindlichkeit auf Kälte innerhalb der ersten Tage, nachdem bei ihm zwei Restaurationen im gleichen Quadranten eingegliedert wurden. Jedoch lagen im selben Quadranten freiliegende Zahnhälse vor, die die Beschwerden verursacht haben könnten. In beiden Fällen verschwanden die Beschwerden innerhalb von wenigen Tagen, und es war keine Therapie notwendig. Zudem zeigten die Zähne eine normale Vitalität. Deshalb wurden die erwähnten Restaurationen in Tabelle 2 bezüglich Hypersensibilität (C=biologisch) unter FDI-Wertung 2 (klinisch gut) aufgeführt. Da die drei genannten Restaurationen jeweils mit einer anderen Materialkombination eingegliedert wurden, bestand kein signifikanter Unterschied bezüglich postoperativer Beschwerden zwischen der Syntac- und den beiden Adhese Universal-Gruppen.

Ästhetische Integration

In der klinischen Anwendungsbeobachtung von Variolink Esthetic wurden 60 Inlays und Onlays eingegliedert, die ausschliesslich aus IPS e.max CAD HT und MT gefertigt wurden. Diese Indikation erfordert aus zwei Gründen ein ästhetisch anspruchsvolles Befestigungsmaterial. Zum einen liegt die Zementfuge im sichtbaren Bereich. Dadurch muss das Befestigungsmaterial in der Lage sein, durch eine entsprechende Transparenz und Farbgebung eine ästhetische Integration zwischen Zahnschmelze und Restaurationmaterial zu gewährleisten, um einen sogenannten Chamäleon-Effekt hervorzurufen (siehe Kapitel „Variolink Esthetic – Einfluss des Befestigungscomposites und anderer Faktoren auf die Gesamtwirkung vollkeramischer Restaurationen“). Zum anderen besitzt vor allem IPS e.max CAD HT eine hohe Transluzenz und ermöglicht damit dem Behandler, den farblichen Gesamteindruck der Restauration mit Hilfe des Befestigungsmaterials zu beeinflussen. Im Rahmen der Anwendungsbeobachtung konnte vor der definitiven Eingliederung die Farbwirkung des Befestigungsmaterials mit Try-In-Pasten überprüft werden. Dadurch war eine Einschätzung der finalen Ästhetik der Restauration möglich.

In der klinischen Anwendungsbeobachtung wurden insgesamt 44 Restaurationen mit Variolink Esthetic der Farbe „neutral“, 13 Restaurationen mit der Farbe „warm“, zwei Restaurationen mit „warm+“ und eine Restauration mit „light“ eingesetzt. Das ästhetische Ergebnis der 60 Restaurationen wurde beim Baseline-Befund gemäss FDI-Kriterien bewertet. 66,7 % aller Restaurationen wurden mit „sehr gut“ bewertet und 33,3 % der Restaurationen aufgrund einer geringfügigen Abweichung der Keramikfarbe bzw. -transluzenz mit „gut“ eingestuft. Keine Restauration wurde als „befriedigend“ oder schlechter bewertet.



Abb. 14 Klinisches Beispiel für eine sehr gute Farbabstimmung des Onlays an Zahn 44 (FDI-Wertung=1)



Abb. 15 Klinisches Beispiel für eine Restauration an Zahn 25 mit einer geringfügigen, farblichen Abweichung palatinal (FDI-Wertung=2). Okklusal- bukkal wurde die Ästhetik mit FDI-Wertung 1 eingestuft.

Initiale Randqualität

Die Restaurationen zeigten beim Baselinebefund sehr gute, klinische Ergebnisse. 80,4 % der Randabschnitte aller Restaurationen (n=60) wurden bezüglich Randdefizite als klinisch sehr gut bewertet. 19,6 % wurden als gut evaluiert, da sie leichte Stufen bzw. eine verbreiterte Zementfuge zwischen Restauration und Zahnhartsubstanz aufwiesen (Tabelle 2). Diese können durch geringfügige Passungenauigkeiten seitens des CAD/CAM-Fertigungsprozesses entstehen und sind unabhängig vom Befestigungsmaterial.

Randverfärbungen konnten beim Baseline nur in sehr geringem Umfang bei einem Patienten befundet werden. Die Verfärbung betraf lediglich 0,3 % des gesamten Restaurationsrandes der Syntac-Gruppe (n=20) und wäre durch Politur entfernbar (FDI-Wertung 2). Darüber hinaus handelt es sich bei diesem Patienten um einen starken Raucher, der auch an der Restbeziehung Verfärbungen aufwies. Bezüglich des Bewertungskriteriums „Randverfärbungen“ gab es zwischen den drei Untersuchungsgruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede.



Abb. 16 Klinisches Beispiel für einen sehr guten Restaurationsrand des Onlays an Zahn 44 bezüglich Randverfärbung (FDI-Wertung=1)



Abb. 17 Lokalisierte, entfernbare Randverfärbung bei einem stark rauchenden Patienten (FDI-Wertung=2)

Zusätzlich wurde untersucht, ob bezüglich des Bewertungskriteriums „Randdefizite“ Unterschiede zwischen den drei Untersuchungsgruppen vorlagen. Randdefizite, die auf den CAD/CAM-Herstellungsprozess der Restaurationen zurückzuführen waren, konnten bei allen drei Untersuchungsgruppen festgestellt werden. Dabei wurde kein Restaurationsrand schlechter als 2 in der FDI-Wertung beurteilt. Innerhalb der Syntac-Gruppe (n= 20) waren davon 29,0 % des gesamten Restaurationsrandes betroffen (Tabelle 3). Bei Adhese Universal, welches im Etch & Rinse-Verfahren angewandt wurde, wurden 17,0 % des gesamten Restaurationsrandes mit FDI-Wertung 2 beurteilt (Tabelle 4), während im Self-Etch-Verfahren 12,8 % des gesamten Restaurationsrandes betroffen waren (Tabelle 5). Das Auftreten von Randdefiziten beim Baseline-Befund war aufgrund fehlender statistischer Signifikanz unabhängig vom verwendeten Adhäsiv.



Abb. 18 Klinisches Beispiel für einen sehr guten Restaurationsrand des Onlays an Zahn 36 bezüglich Randdefiziten (FDI-Wertung=1)



Abb. 19 Lokalisierte, leichte Passungsungenauigkeiten durch den CAD/CAM-Fertigungsprozesses führen zu minimalen Randdefiziten in Form von verbreiterten Zementfugen (FDI-Wertung=2). Der übrige Restaurationsrand wurde mit FDI-Wertung 1 eingestuft.

Baseline-Daten „Variolink® Esthetic DC“ (alle Adhäsive, N = 60)											
Klinische Bewertung	FDI-Wertung	% Anteil gesamter Restaurationen							% Anteil des gesamten Restaurationsrandes		
		A = ästhetisch				B = funkt.	C = biologisch		A = ästhetisch	B = funkt.	C = biolog.
		Glanz	Verfärbung Restauration	Farb-abstimmung/ Transluzenz	Anatomische Form	Fraktur/ Retentions-verlust	Hyper-sensibilität	Benach. Schleimhaut	Rand-verfärbung	Randdefizite	Sekundär-karies
Sehr gut	1	98,3	100,0	66,7	95,0	100,0	95,0	91,7	99,9 ± 0,6	80,4 ± 21,2	100,0 ± 0
Gut (sehr gut nach Korrektur)	2	1,7	0	33,3	5,0	0	5,0	8,3	0,1 ± 0,6	19,6 ± 21,2	0
Befriedigend/ ausreichend	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unbefriedigend/ reparierbar	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mangelhaft (Aus-tausch notwendig)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 2 Ergebnisse der Baseline-Untersuchung aller Restaurationen. Bewertung gemäss FDI-Kriterien (n=60)

Baseline-Daten „Variolink® Esthetic DC“ (Syntac®, N = 20)											
Klinische Bewertung	FDI-Wertung	% Anteil gesamter Restaurationen							% Anteil des gesamten Restaurationsrandes		
		A = ästhetisch				B = funkt.	C = biologisch		A = ästhetisch	B = funkt.	C = biolog.
		Glanz	Verfärbung Restauration	Farb-abstimmung/ Transluzenz	Anatomische Form	Fraktur/ Retentions-verlust	Hyper-sensibilität	Benach. Schleimhaut	Rand-verfärbung	Randdefizite	Sekundär-karies
Sehr gut	1	100,0	100,0	55,0	90,0	100,0	95,0	95,0	99,7 ± 1,1	71,0 ± 28,6	100,0 ± 0
Gut (sehr gut nach Korrektur)	2	0	0	45,0	10,0	0	5,0	5,0	0,3 ± 1,1	29,0 ± 28,6	0
Befriedigend/ ausreichend	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unbefriedigend/ reparierbar	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mangelhaft (Aus-tausch notwendig)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 3 Ergebnisse der Baseline-Untersuchung der Restaurationen, welche mit Syntac eingesetzt wurden. Bewertung gemäss FDI-Kriterien (n=20)

Baseline-Daten „Variolink® Esthetic DC“ (Adhese® Universal Etch & Rinse, N = 20)											
Klinische Bewertung	FDI- Wertung	% Anteil gesamter Restaurationen							% Anteil des gesamten Restaurationsrandes		
		A = ästhetisch				B = funkt.	C = biologisch		A = ästhe- tisch	B = funkt.	C = biolog.
		Glanz	Verfärbung Restauration	Farb- abstimmung/ Transluzenz	Anatomische Form	Fraktur/ Retentions- verlust	Hyper- sensibilität	Benach. Schleimhaut	Rand- verfärbung	Randdefizite	Sekundär- karies
Sehr gut	1	95,0	100,0	75,0	95,0	100,0	95,0	90,0	100,0 ± 0	83,0 ± 17,7	100,0 ± 0
Gut (sehr gut nach Korrektur)	2	5,0	0	25,0	5,0	0	5,0	10,0	0	17,0 ± 17,7	0
Befriedigend/ ausreichend	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unbefriedigend/ reparierbar	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mangelhaft (Aus- tausch notwendig)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 4 Ergebnisse der Baseline-Untersuchung der Restaurationen, welche mit Adhese Universal im Etch & Rinse-Verfahren eingesetzt wurden. Bewertung gemäss FDI-Kriterien (n=20)

Baseline-Daten „Variolink® Esthetic DC“ (Adhese® Universal Self-Etch, N = 20)											
Klinische Bewertung	FDI- Wertung	% Anteil gesamter Restaurationen							% Anteil des gesamten Restaurationsrandes		
		A = ästhetisch				B = funkt.	C = biologisch		A = ästhe- tisch	B = funkt.	C = biolog.
		Glanz	Verfärbung Restauration	Farb- abstimmung/ Transluzenz	Anatomische Form	Fraktur/ Retentions- verlust	Hyper- sensibilität	Benach. Schleimhaut	Rand- verfärbung	Randdefizite	Sekundär- karies
Sehr gut	1	100,0	100,0	70,0	100,0	100,0	95,0	90,0	100,0 ± 0	87,2 ± 10,6	100,0 ± 0
Gut (sehr gut nach Korrektur)	2	0	0	30,0	0	0	5,0	10,0	0	12,8 ± 10,6	0
Befriedigend/ ausreichend	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unbefriedigend/ reparierbar	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mangelhaft (Aus- tausch notwendig)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 5 Ergebnisse der Baseline-Untersuchung der Restaurationen, welche mit Adhese Universal im Self-Etch-Verfahren eingesetzt wurden. Bewertung gemäss FDI-Kriterien (n=20)

Klinische Fallbeispiele mit Variolink® Esthetic

Klinisches Fallbeispiel 1: Zementierung einer Frontzahnkrone aus IPS e.max Press LT an Zahn 11 mit Variolink Esthetic DC

Es stellte sich eine 35-jährige Patientin vor, die mit ihrer Frontzahnästhetik im Oberkiefer unzufrieden war. Zahn 11 zeigte nach einer endodontischen Behandlung eine Graufärbung und mehrere grossflächige, insuffiziente Composite-Füllungen (Abb. 20). Man entschied sich deshalb für die Versorgung des Zahns mit einer vollkeramischen Krone. Zahn 21 besass eine leicht retrusive Zahnstellung, was durch die Labialkipplung des Zahnes 22 optisch verstärkt wurde. Um die Zahnstellung zu korrigieren und den ästhetisch ungünstigen Schneidekanten-aufbau zu kaschieren, wurde Zahn 21 mit einem 360°-Veneer versorgt.

Das aus IPS e.max Press HT hergestellte Veneer an Zahn 21 wurde mit Variolink Esthetic LC befestigt. Um die Graufärbung des Stumpfes an Zahn 11 abzudecken, wurde ein opakeres Material (IPS e.max Press LT) verwendet. Im Folgenden wird die Eingliederung der Krone an Zahn 11 mit dem dualhärtenden Befestigungscomposite Variolink Esthetic DC gezeigt.



Abb. 20 Ausgangssituation: Zahn 11 mit grossflächigen, insuffizienten Füllungen und einer deutlichen Graufärbung nach einer endodontischen Behandlung



Abb. 21 Mock-Up an den Zähnen 11 und 21 mit dem selbsthärtenden, temporären Kronen- und Brückenmaterial Telio® CS C&B



Abb. 22 Präparation für Vollkrone an Zahn 11 und 360°- Veneer an Zahn 21



Abb. 23 Entfernen der Provisorien aus Telio CAD an Zahn 11 und 21



Abb. 24 Reinigen der Präparation mit der fluoridfreien Politurpaste Proxyt® fluoridfrei



Abb. 25 Kontrolle der Passung im Rahmen der klinischen Einprobe



Abb. 26 Ästhetische Kontrolle der Krone an Zahn 11 mit Variolink Esthetic Try-In -Paste in der Farbe „neutral“

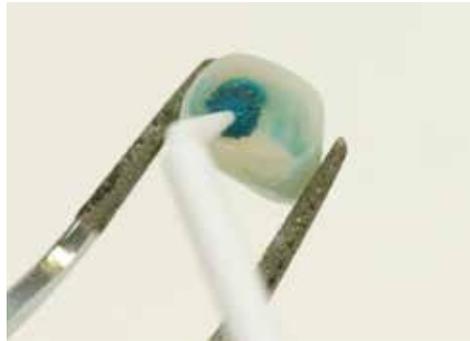


Abb. 27 Vorbereitung der Krone mit Monobond Etch & Prime®



Abb. 28 Einreiben des Adhäsives Adhese Universal für mind. 20 Sekunden auf der zu behandelnden Zahnoberfläche



Abb. 29 Verblenden des Adhäsives mit öl- und wasserfreier Druckluft bis ein glänzender, unbeweglicher Film entsteht



Abb. 30 Polymerisation des aufgetragenen Adhäsives mit Bluephase® Style für 10 Sekunden



Abb. 31 Fixieren der Restauration mit OptraScupt® Pad und Vorhärtung der Überschüsse durch Vierteltechnik



Abb. 32 Entfernen der Überschüsse im gelartigen Zustand



Abb. 33 Finale Polymerisation mit Bluephase Style und Liquid Strip



Abb. 34 Situation eine Woche nach Eingliederung der beiden Restaurationen an den Zähnen 11 und 21



Abb. 35 Situation 4 Monate nach Eingliederung der beiden Restaurationen an den Zähnen 11 und 21 mit regeneriertem Weichgewebe, v.a. interdental zwischen 11 und 21 sichtbar

Klinisches Fallbeispiel 2: Befestigung eines Frontzahnveneers aus IPS e.max Press an Zahn 11 mit Variolink Esthetic LC

Bei einer 44-jährigen Patientin, die mit der Ästhetik ihrer Oberkiefer-Frontzähne unzufrieden war, sollte die Fehlstellung des Zahnes 11 durch ein Non-Prep-Veneer korrigiert werden (Abb. 36). Zusätzlich diente die Restauration dem Kaschieren eines deutlich sichtbaren Schmelzrisses auf der Vestibulärfläche des Zahnes.



Abb. 36 Ausgangssituation: Zahn 11 mit retrusiver Stellung und Schmelzriss auf der Vestibulärfläche



Abb. 37 Mock-Up mit dem selbsthärtenden, temporären Kronen- und Brückenmaterial Telio CS C&B



Abb. 38 Try-In des Veneers an Zahn 11 mit Variolink Esthetic Try-In-Paste neutral



Abb. 39 Reinigung der Präparation mit einer fluoridfreien Politurpaste (Proxyl fluoridfrei)



Abb. 40 Ätzen der keramischen Restorationsinnenfläche mit IPS Ceramic Ätzel



Abb. 41 Auftragen von Monobond® Plus auf die Restorationsinnenfläche



Abb. 42 Schmelzätzung mit dem 37%-igen Phosphorsäure-Ätzel Total Etch



Abb. 43 Kreidig-weiße Schmelzoberfläche (Säureätzmuster) nach Phosphorsäureätzung



Abb. 44 Einreiben von Adhese Universal für mindestens 20 Sekunden auf die präparierte Zahnoberfläche. Im Anschluss Verblasen und Lichthärten des Adhäsives erforderlich



Abb. 45 Applikation von Variolink Esthetic auf die Restorationsinnenfläche und Positionieren und Fixieren der Restauration auf dem Zahn mit OptraSculpt Pad



Abb. 46 Überschussentfernung mit einem Pinsel quer zur Zementfuge (Wischtechnik)

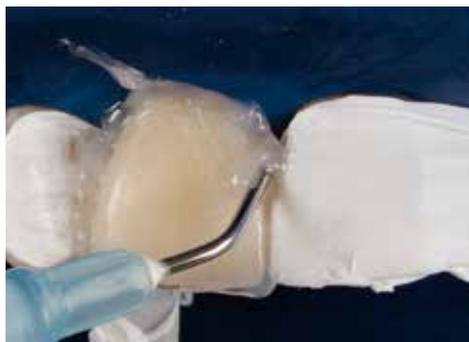


Abb. 47 Zur Vermeidung einer Sauerstoffinhibitionsschicht: Abdecken der Zementfuge mit Liquid Strip



Abb. 48 Finale Lichthärtung für 10 Sekunden pro mm Keramik und Segment mit Bluephase Style



Abb. 49 Ästhetisches Ergebnis 10 Tage nach erfolgreicher Eingliederung des Veneers

Schlussfolgerung

Variolink Esthetic zeigt in der klinischen Anwendung sehr gute Handlungseigenschaften bezüglich Überschussentfernung, Konsistenz und Verarbeitungszeit bzw. Lichtempfindlichkeit. Es kann in der Kombination sowohl mit Adhese Universal als auch mit Syntac ein sehr guter Verbund zur Zahnhartsubstanz erzielt werden. Klinisch wurden keine materialassoziierten, postoperativen Beschwerden beobachtet. Gerade bei Restaurationen im hochästhetischen Bereich kann durch Variolink Esthetic die farbliche Gesamtwirkung der Restauration optimiert und ein Chamäleoneffekt erzielt werden. Beim Baselinebefund konnte eine sehr gute Randqualität festgestellt werden. Wobei keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungsgruppen feststellbar waren.

Literatur

- [1] Befestigung von Oxidkeramiken, in: Tinschert J., Natt G.: Oxidkeramiken und CAD/CAM- Technologien: Atlas für Klinik, Labortechnik und Werkstoffkunde, Deutscher Zahnärzterverlag, 2007; 59-65
- [2] X.H.Gu, Kern M., Marginal discrepancies and leakage of all-ceramic crowns: influence of luting agents and aging conditions, Int J Prosthodont, 2003; (16) 109-116
- [3] Q.Liu et.al. Bond degradation behavior of self-adhesive cement and conventional resin cements bonded to silanized ceramic, J Prosthet Dent. 2011 Mar;105(3):177-84
- [4] R.Hickel, A.Peschke, M.Tyas, et al. FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restoration- update and clinical examples. J Adhes Dent 12 (2010) 259-272
- [5] R.Hickel, J.F.Roulet, S.Bayne, et. Al. Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restoration materials. Science Comitte Project 2/98- FDI World Federation stduy design (Part I) and criteria for evaluation (Part II) of direct and indirect restorations including onlays and partial corwns. J Adhes Dent 9 Suppl (2007)121-147
- [6] A. Peschke. The semi-quantitaive evaluation of restorations (SQUACE)- a tool to increase sensitivity als Teil des Symposiums: New criteria for the Clinial Evaluation of Dental Restorations

Wir stehen nicht für die Genauigkeit, den Wahrheitsgehalt oder die Zuverlässigkeit der von Dritten stammenden Informationen ein. Für den Gebrauch der Informationen wird keine Haftung übernommen, auch wenn wir gegenteilige Informationen erhalten. Der Gebrauch der Informationen geschieht auf eigenes Risiko. Sie werden Ihnen „wie erhalten“ zur Verfügung gestellt, ohne explizite oder implizite Garantie betreffend Brauchbarkeit oder Eignung (ohne Einschränkung) für einen bestimmten Zweck.

Die Informationen werden kostenlos zur Verfügung gestellt und weder wir, noch eine mit uns verbundene Partei, können für etwaige direkte, indirekte, mittelbare oder spezifische Schäden (inklusive aber nicht ausschliesslich Schäden auf Grund von abhanden gekommener Information, Nutzungsausfall oder Kosten, welche aus dem Beschaffen von vergleichbare Informationen entstehen) noch für pönale Schadenersätze haftbar gemacht werden, welche auf Grund des Gebrauchs oder Nichtgebrauchs der Informationen entstehen, selbst wenn wir oder unsere Vertreter über die Möglichkeit solcher Schäden informiert sind.

Bisher erschienene Ausgaben des Ivoclar Vivadent „Reports“

Report Nr. 1 (März 1984) *

Dentinhaftung von Kunststoff-Füllungsmaterial
G. Beham

Report Nr. 2 (Mai 1985) *

Klebebrücken – neue Möglichkeiten der prothetischen Versorgung
Dr. V. Rheinberger, G. Beham

Report Nr. 3 (Mai 1986) *

Verblendwerkstoffe für Kronen und Brücken
P. Wollwage

Report Nr. 4 (Dezember 1987) *

Norm-Vorlagen für metallkeramische Restaurationen
Dr. P. Dorsch

Report Nr. 5 (Januar 1990) *

Aufbau und Entwicklung der Composite-Füllungsmaterialien
G. Ott

Report Nr. 6 (September 1990) *

IPS Empress: Eine neue Keramik-Technologie
G. Beham

Report Nr. 7 (November 1992) *

Der gefüllte Zahn – Ein komplexes Verbundsystem
Dr. U. Salz

Report Nr. 8 (Januar 1993) *

Eigenschaften von Verblendkunststoffen
G. Zanghellini, D. Voser

Report Nr. 9 (März 1993)

Neue Möglichkeiten im Bereich der biogenen Prothetik
R. Grünenfelder

Report Nr. 10 (Juli 1994)

IPS Empress: Werkstoffwissenschaft und Klinik
Prof. Dr. W. Höland, Dipl. Ing. M. Frank,
Dr. rer. nat. U. Salz, Dr. med. dent. G. Unterbrink

Report Nr. 11 (Januar 1997) *

Künstliche Zähne – Eine Symbiose aus Material, Anatomie und Wissenschaft
K. Hagenbuch, H. P. Foser

Report Nr. 12 (Dezember 1998) *

IPS Empress 2: Die Vollkeramik-Brücke und mehr ...
Prof. Dr. W. Höland, Dr. med. dent. S. D. Heintze

Report Nr. 13 (Juni 2000)

Abnehmbare Prothetik: Werkstoffkunde, Ästhetik und Zahnaufstellung
A. Kammann, K. Hagenbuch, M. Reis, H. P. Foser

Report Nr. 14 (Januar 2001)

Dentinadhäsive: Excite im Kontext
Dr. Dr. med. dent. A. Rathke,
Dr. sc. nat. U. Lendenmann

Report Nr. 15 (August 2004)

**SR Adoro im Fokus
Indirekte Komposite –
Werkstoffkunde und Entwicklung**
Dr. G. Zappini, Ing. HTL S. Hopfauf, U. Spirig

Report Nr. 16 (Februar 2006)

**Vollkeramikreport
Vollkermikrestaurationen – Werkstoffkunde und Entwicklung**
Dr. V. Rheinberger, Prof. Dr. H. Kappert, P. Oehri,
T. Specht, Dr. Dr. A. Rathke, Dr. T. Völkel,
Dr. S. Heintze, Prof. Dr. J.-F. Roulet, H.-P. Foser,
Dr. A. Stiefenhofer

Report Nr. 17 (Juni 2006)

**IPS e.max –
all-ceramic ... all you need**
Dr. T. Völkel, Dr. H. Bürke, F. Rothbrust, M. Schweiger,
H. Kerschbaumer, Dr. A. Stiefenhofer

Report Nr. 18 (August 2007)

Die Geheimnisse von Kompositen
Prof. Dr. J.-F. Roulet, Prof. Dr. N. Moszner,
Dipl. Ing. K. Vogel, Dr. P. Burtscher, Dr. S. Heintze,
Dr. A. Peschke

Report Nr. 19 (Juli 2013)

Ivocerin® – ein Meilenstein der Composite-Technologie
Prof. Dr. N. Moszner, Dr. P. Burtscher,
Dipl. Ing. K. Vogel, J.-C. Todd, Dr. S. Heintze,
Dr. A. Peschke

Report Nr. 20 (März 2015)

**Bulk-Fill-Report
Tetric EvoCeram® Bulk Fill, Tetric EvoFlow® Bulk Fill**
Dr. A. Facher, Dipl. Ing. K. Vogel, Dr. S. Heintze

Report Nr. 21 (Februar 2016)

Dentale Lacksysteme im Fokus
Dr. T. Bock, C. Bollis, Dr. K. Fischer, Dr. G. David

* vergriffen