

**3M** Science.  
Applied to Life.™

**3M™ Scotchbond™ Universal Plus**  
Adhäsiv

# Technisches Produktprofil



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Über 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv</b>	3
<b>2. Indikationen</b>	4
<b>3. Chemische Zusammensetzung</b>	5
<b>4. Biokompatibilität</b>	7
<b>5. Materialeigenschaften</b>	8
<b>6. Anwender-Feedback</b>	26
<b>7. 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit</b>	29
<b>8. Klinisches Fallbeispiel</b>	31
<b>9. Häufig gestellte Fragen</b>	32
<b>10. Zusammenfassung</b>	35

# 1. Über 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv

Im Jahr 2011 führte 3M mit 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv das erste echte Universaladhäsiv ein und legte damit den Grundstein für die Gründung einer neuen Adhäsiv-Klasse. Zum ersten Mal überhaupt war ein einziges Adhäsiv

- kompatibel mit allen Ätztechniken – Etch-&-Rinse, selbstätzend und selektive Schmelzätzung
- geeignet für die Befestigung direkter und indirekter Restaurationen
- haftend an allen dentalen Oberflächen – ganz ohne die separate Anwendung von Primern oder Silanen
- nahezu ohne postoperative Sensitivitäten verwendbar

Das revolutionäre Konzept in einer preisgekrönten Flasche erfreute sich rasch unter Zahnärzten zunehmender Beliebtheit und zog das Interesse von Wissenschaftlern aus aller Welt auf sich. Inzwischen gilt Scotchbond Universal Adhäsiv als klinisch bewährtes, wissenschaftlich am besten untersuchtes Universaladhäsiv der Dentalbranche.

3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv bietet all diese positiven Eigenschaften seines Vorgängers. Das bestätigten die Ergebnisse einer Feldstudie von 3M, bei der die Anwendung der beiden Produkte miteinander verglichen wurde. Mehr als 300 Zahnärzte aus Europa und den USA nahmen an der Untersuchung teil, fast die Hälfte von ihnen waren Anwender des bewährten Scotchbond Universal Adhäsiv. Ganze 94,5 Prozent dieser Anwender gaben an, zufrieden oder sehr zufrieden mit dem neuen Adhäsiv zu sein. 99 Prozent der Zahnärzte berichteten, dass Scotchbond Universal Plus Adhäsiv vergleichbar viele oder sogar noch

weniger postoperative Sensitivitäten hervorgerufen hatte als Scotchbond Universal Adhäsiv.

## Dank einer gezielten Weiterentwicklung bietet das neue Scotchbond Universal Plus Adhäsiv:

- Dentinähnliche Röntgenopazität – beugt dem Auftreten radioluzenter Bereiche unter Restaurationen im Fall von Pooling (Pfüthenbildung des Adhäsivs) vor und reduziert so das Risiko von Fehldiagnosen und Überbehandlung
- Fähigkeit der Haftung an und Versiegelung von kariös verändertem, remineralisierbarem Dentin – für den maximalen Erhalt natürlicher Zahnhartsubstanz durch Ermöglichung minimalinvasiver Präparationsrichtlinien
- Haftung auf Goldstandard-Niveau an Zahnhartsubstanz und allen Restaurationsmaterialien – inklusive Glaskeramik
- Vollständige Kompatibilität mit dual- und selbsthärtenden Kompositen – ohne separaten Aktivator für die Dualhärtung
- Verzicht auf BPA-Derivate in der Formulierung als Reaktion auf Bedenken hinsichtlich des Einsatzes von BPA in Dentalmaterialien
- Vollständig aufeinander abgestimmtes System mit 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit – hohe Haftfestigkeit in nahezu allen Indikationen für dualhärtendes Befestigungskomposit

Scotchbond Universal Plus Adhäsiv ist in einer optimierten Flasche mit ebener, kanten- und spaltfreier Oberfläche sowie in einem Single-Use-System für ein effizientes Hygiene-Management erhältlich.



## 2. Indikationen

### Direkte Indikationen:

- Haftvermittler für alle methacrylatbasierten licht-, selbst- und dualhärtenden Komposit- bzw. Kompomer-Füllungsmaterialien
- Desensibilisierung von Wurzeloberflächen
- Haftvermittler für methacrylatbasierte Materialien zur Fissurenversiegelung
- Schutzlack für Glasionomer-Füllungen
- Reparatur von Restaurationen aus Komposit und Kompomer
- Kavitätenversiegelung vor der Eingliederung von Amalgam-Versorgungen

### Indirekte Indikationen

- Befestigung indirekter Restaurationen in Kombination mit 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit und anderen Befestigungskompositen (bitte berücksichtigen Sie stets die jeweilige Gebrauchsanweisung des Herstellers)
- Haftvermittler für alle methacrylatbasierten licht-, selbst- und dualhärtenden Stumpfaufbaumaterialien und Befestigungszemente
- Befestigung von Veneers in Kombination mit 3M™ RelyX™ Veneer Zement
- Intraorale Reparatur von Restaurationen aus Komposit, Metallkeramik und Vollkeramik ohne zusätzlichen Primer
- Versiegelung von Kavitäten und Stumpfpräparationen vor der temporären Befestigung indirekter Restaurationen



# 3. Chemische Zusammensetzung

3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv basiert auf der gleichen chemischen Zusammensetzung wie 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv,

dem klinisch bewährten und wissenschaftlich am besten untersuchten Universaladhäsiv der Dentalbranche.

3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv	3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv
MDP-Phosphat-Monomer	≙ Identisches Goldstandard-Adhäsiv-Monomer
HEMA	≙ Identisches hydrophiles Monomer für die Benetzung von Dentin
3M™ Vitrebond™ Copolymer	≙ Identische 3M Technologie für Feuchtigkeitstoleranz
Füller	≙ Identische, sich nicht absetzende Siliziumoxid-Füllkörper zur Anpassung von Viskosität und Handling
Ethanol/Wasser	≙ Identisches Lösungsmittel zur Anpassung der Viskosität und Benetzung der Zahnschmelze
Initiatoren	Identische Photoinitiatoren auf Basis von Campherchinon
Silan	<b>Optimierte Silan-Formulierung</b> für verbesserte Haftung an Glaskeramik
3M™ Scotchbond™ Universal Dual Cure Activator (Dunkelhärtungsaktivator, separate Flasche)	<b>Dunkelhärtungs-Beschleuniger</b> für optimierte Kompatibilität mit dual- und selbsthärtenden Kompositen – kein Vermischen mehr mit Aktivator in einer separaten Flasche
Bis-GMA enthaltende Dimethacrylate	<b>BPA-freie</b> , vernetzende, röntgenopake Monomere enthaltende Dimethacrylate – enthalten kein Bis-GMA, das BPA-basiert ist

Tabelle 1: Übersicht über die chemische Zusammensetzung von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv im Vergleich zu 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv.

Scotchbond Universal Plus Adhäsiv verwendet dasselbe, qualitativ hochwertige MDP Phosphat-Monomer zur Erzielung einer langfristig hohen Haftfestigkeit und einer langen Haltbarkeit von bis zu 36 Monaten bei Raumtemperatur (ab Herstellungsdatum). Aufgrund des enthaltenen MDP handelt es sich um eine mild selbstätzende Formulierung mit einem pH-Wert von circa 2,7. Die Qualität des Adhäsiv-Monomers ist entscheidend für eine hohe Leistungsfähigkeit und lange Haltbarkeit (K. Yoshihara, N. Nagaoka, T. Okihara, M. Kuroboshi, S. Hayakawa, Y. Maruo, G. Nishigawa, J. De Munck, Y. Yoshida, B. Van Meerbeek: Functional monomer impurity affects adhesive performance, Dent Mater 2015, 31, 1493-1501).

Das exklusive 3M™ Vitrebond™ Copolymer sorgt für eine hohe Feuchtigkeitstoleranz und hohe Haftfestigkeit sowohl auf feuchtem als auch auf trockenem Dentin. Bei dieser Komponente, die zunächst für kunststoffmodifizierte Glasionomere entwickelt wurde, handelt es sich um ein

Polyalkensäure-Copolymer mit einer großen Anzahl an Carbonsäuregruppen. Sie können mittels Wasserstoffbindung und ionischer Bindung mit Hydroxylapatit und Kollagen interagieren. Zudem kann das Copolymer eine große Menge an Wasser absorbieren und freigegeben, wodurch die Feuchtigkeitstoleranz der Adhäsiv-Formulierung entsteht.

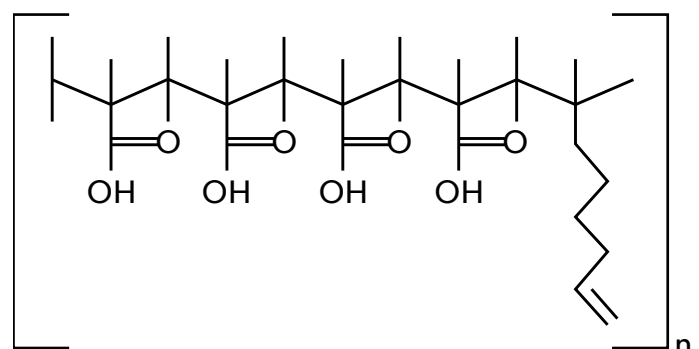


Abb. 1: Schematische Darstellung des 3M™ Vitrebond™ Copolymer

3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv enthält einen optimierten Anteil an HEMA (2-Hydroxyethylmethacrylat). HEMA ist ein einzigartiges Monomer, das sich in jedem Verhältnis mit hydrophoben Monomeren und mit Wasser mischt. Diese Eigenschaft hilft bei der Vermeidung der Phasenseparation (Bildung von Tröpfchen in einer Flüssigkeit, zu beobachten z. B. in Salatdressing) und stellt die Bildung einer homogenen, blasenfreien Adhäsivschicht sicher. Seit einiger Zeit ist bekannt, dass HEMA-freie Adhäsive eine Neigung zu Phasenseparation haben und besonders sensitiv auf das Trocknen mit Luft reagieren (N. Hiraishi, L. Breschi, C. Prati, M. Ferrari, J. Tagami, NM. King: Technique sensitivity associated with air-drying of HEMA-free, single-bottle, one-step self-etch adhesives, Dent Mater 2007, 23, 498-505).

Scotchbond Universal Plus Adhäsiv beinhaltet dasselbe Campherchinon basierte Photoinitiator-System wie sein Vorgänger. Die Campherchinon-Konzentration wurde erhöht, um eine hohe Konversionsrate zu erzielen (s. Kapitel 5) und die Hemmung der Aushärtung durch Umgebungssauerstoff zu minimieren. Das Resultat ist eine im Vergleich zu anderen auf dem Markt erhältlichen Haftvermittlern intensivere Gelbfärbung des nicht ausgehärteten Adhäsivs. Die gelbliche Färbung ist bei der Applikation von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv hilfreich, da sie die Sichtbarkeit erhöht. Nach dem Trocknen mit Luft und der Lichthärtung verschwindet die Färbung vollständig.

Sowohl Scotchbond Universal Adhäsiv als auch sein Nachfolger enthalten ein auf Ethanol und Wasser basierendes Lösungsmittelsystem. Ethanol verdunstet weniger schnell als Aceton, ein anderes häufig verwendetes Lösungsmittel, dessen rasche Evaporation zu einer verkürzten Haltbarkeit führen kann. (KL. Van Landuyt, J. Snauwaert, J. De Munck, M. Peumans, Y. Yoshida, A.

Poitevin, E. Coutinho, K. Suzuki, P. Lambrechts, B. Van Meerbeek: Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials 2007, 28, 3757-3785).

Die stabilen, vorhydrolysierten Silane in Scotchbond Universal Adhäsiv wurden durch das Hinzufügen eines aminofunktionellen Silans optimiert. Das Resultat ist eine Haftfestigkeit auf geätzter Glaskeramik, die das gleiche Niveau erreicht wie traditionelle Goldstandard-Silanprimer, beispielsweise 3M™ RelyX™ Ceramic Primer. Die Aminogruppe kann hydrolysiertes Silan durch intramolekulare Wasserstoffbrückenbindung stabilisieren (H. Ishida, S. Naviroj, K. Tripathy, JJ. Fitzgerald, JL. Koenig: The structure of an aminosilane coupling agent in aqueous solutions and partially cured solids, J Polym Sci Polym Phys Ed 1982, 20, 701-718). Es ist anzunehmen, dass dies die Verfügbarkeit für eine Reaktion mit der Oberfläche der keramischen Restauration erhöht.

Scotchbond Universal Plus Adhäsiv enthält eine geringe Menge an Übergangsmetallsalzen, die als Dunkelhärtungs-Beschleuniger fungieren. Diese Komponente sorgt für die Kompatibilität des Adhäsivs mit allen dual- und selbsthärtenden Kompositen, indem sie als Katalysator für den Abbau der Peroxid-Komponente im Initiatorsystem für die Dunkelhärtung fungiert. Dadurch wird die separate Flasche mit Aktivator für die Dunkelhärtung (3M™ Scotchbond™ Universal DCA Dual Cure Activator), die für den Vorgänger entwickelt wurde, obsolet. Dennoch handelt es sich bei Scotchbond Universal Plus Adhäsiv ebenso wie bei seinem Vorgänger keineswegs um ein selbst- bzw. dualhärtendes Adhäsiv. Die Lichthärtung des Adhäsivs vor Applikation des nachfolgenden Materials ist erforderlich, sofern es sich um ein anderes Produkt handelt als um 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit.

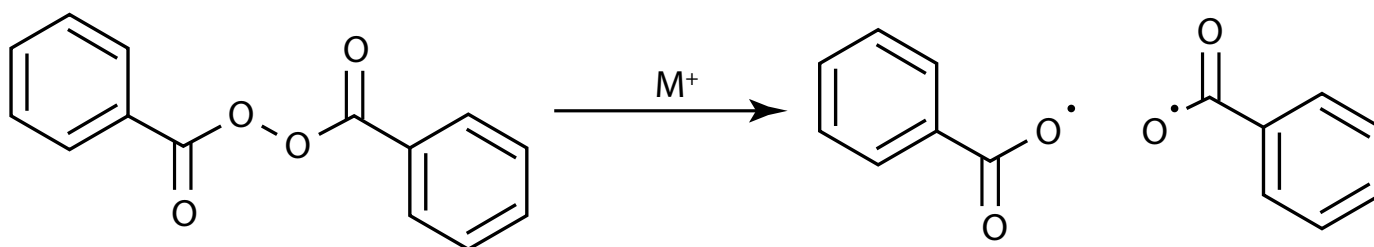


Abb. 2: Durch Übergangsmetall angeregte Dekomposition eines Peroxids zur Bildung reaktiver Radikale.

Es wurde ein neuer vernetzender röntgenopaker Kunststoff entwickelt, der frei ist von BPA-Derivaten und den Verzicht auf Bis-GMA ermöglicht. Die Röntgenopazität ist mit der von Dentin vergleichbar. Anders als bei dem Einsatz konventioneller röntgenopaker Füllkörper bleibt das Adhäsiv mit dem neuen Kunststoff homogen vermischt; es setzen sich keine Partikel ab. Das trägt dazu bei, dass jeder Tropfen des Adhäsivs die gleiche Qualität und Eigenschaften bietet – ganz ohne die Notwendigkeit, die

Flasche vor der Anwendung zu schütteln. Zudem wird durch die Entwicklung eine geringe Viskosität von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv sichergestellt, die zu vorteilhaften Anwendungseigenschaften führt. Würde versucht, mit konventionellen röntgenopaken Füllkörpern eine vergleichbar hohe Radioopazität zu erreichen, hätte das Produkt eine mit fließfähigen Kompositen vergleichbare Viskosität.

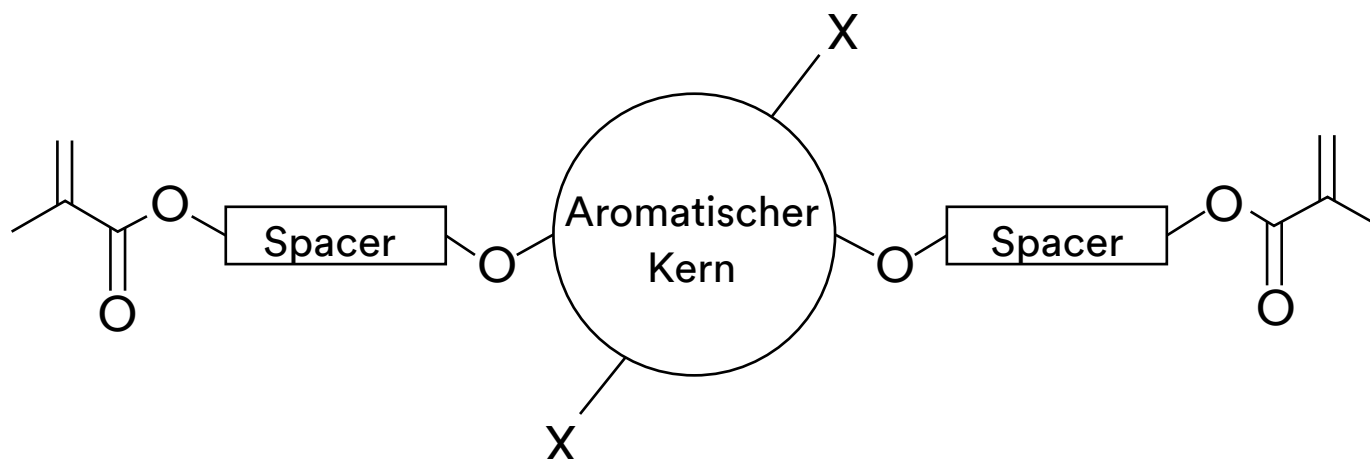


Abb. 3: Schematische Darstellung der Zusammensetzung des röntgenopaken Kunststoffs. X = schweres Element, für die Röntgenopazität verantwortlich.

## 4. Biokompatibilität

Alle Medizinprodukte, die von 3M Oral Care Solutions vertrieben werden, durchlaufen umfangreiche Tests zur Sicherstellung ihrer Biokompatibilität.

Die Evaluationen der Biokompatibilität erfolgen nach den Richtlinien der Normen ISO 10993 „Biologische Beurteilung von Medizinprodukten“ sowie ISO 7405 „Zahnheilkunde – Beurteilung der Biokompatibilität von in der Zahnheilkunde verwendeten Medizinprodukten“ als Teil der Gesamtstrategie zum Risiko-Management für Medizinprodukte. Alle Rohmaterialien und Inhaltsstoffe

der Medizinprodukte sind Gegenstand der Beurteilungen.

Auch die Biokompatibilität von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv wurde unter Berücksichtigung dieser internationalen Standards von zertifizierten Toxikologen durchgeführt. Das Material wurde in diesem Kontext für den vorgesehenen Verwendungszweck als sicher eingestuft. Demnach wurde Scotchbond Universal Plus Adhäsiv durch die zuständigen Behörden für den Gebrauch zugelassen und für den Vertrieb in den jeweiligen Märkten freigegeben.

# 5. Materialeigenschaften

3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv ist ein einzigartiges Universaladhäsiv. In diesem Kapitel werden die Hafteigenschaften auf verschiedenen dentalen Substraten und direkten wie indirekten Restaurationsmaterialien sowie die Produktperformance

unter unterschiedlichen Bedingungen beschrieben. Zudem werden Daten präsentiert, welche die klinische Eignung von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv für unterschiedliche Indikationen untermauern.

## Haftfestigkeit von Universaladhäsiven

Unter Einsatz der in ISO 29022:2013 beschriebenen Methode zur Prüfung der Abscherverbundfestigkeit mit einer ausgesparten Klinge wurde auf Rinder-Frontzähnen die Scherfestigkeit ermittelt. Die labiale Oberfläche jedes Zahnes wurde so beschliffen, dass ein flaches Schmelz- oder Dentinareal frei lag. Ein zylinderförmiger Probenkörper aus Komposit (3M™ Filtek™ Supreme XTE Universal Composite) wurde auf die mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv bzw. einem anderen Haftvermittler unter Befolgung der Gebrauchsanweisung des Herstellers vorbehandelte Oberfläche geklebt.

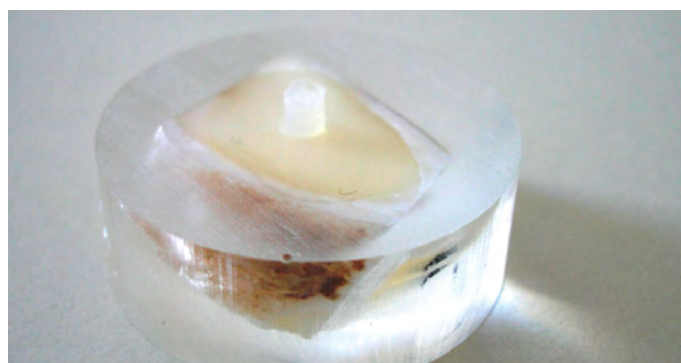


Abb. 4: Probenkörper zur Ermittlung der Scherfestigkeit nach ISO 29022:2013 (Rinderdentin).

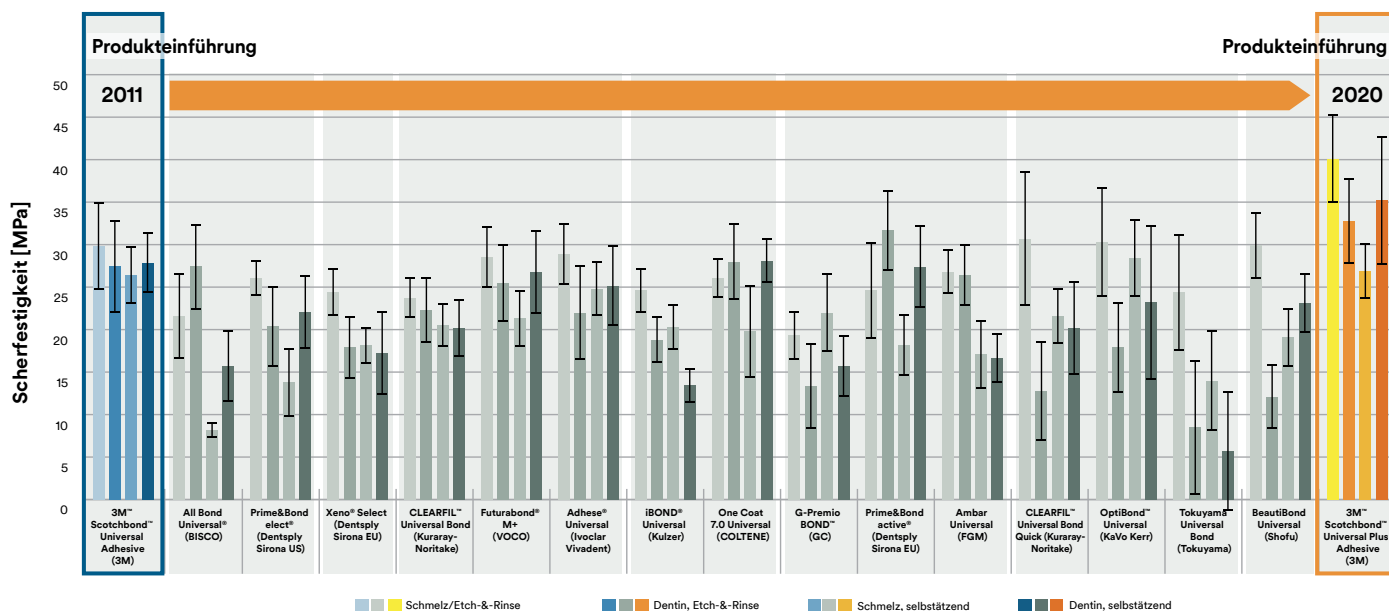


Abb. 5: Scherfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv im Vergleich zu ausgewählten Universaladhäsiven (interne Daten von 3M, teilweise veröffentlicht in M. Schuckar, C. Thalacker, K. Dede, B. Anich. Performance of an experimental universal adhesive, J Dent Res (Spec Iss B): 444 (CED-IADR), 2019).

Seit der Einführung des Originals 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv im Jahr 2011 gelang es kaum einem der nachfolgenden Universaladhäsive, dessen Scherfestigkeiten auf Schmelz und Dentin zu übertreffen.

Das änderte sich mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv, das auf geätztem Schmelz, geätztem Dentin und ungeätztem Dentin eine signifikant höhere Scherfestigkeit erzielt als sein Vorgänger.



# Haftfestigkeit auf humanen Zähnen unter verschiedenen Bedingungen

## Haftfestigkeit auf Milchzähnen und bleibenden Zähnen

Die Intention dieser Untersuchung war die Beurteilung der Scherfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv an humanen Milchzähnen und Zähnen mit MIH (Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation). Die Haftfestigkeit auf diesen Zähnen wurde mittels Prüfung der Abscherverbundfestigkeit mit einer ausgesparten Klinge (Beschrieben in ISO 29022:2013) ermittelt, Scotchbond Universal Plus Adhäsiv kam dabei im selbststätzenden sowie im Etch-&-Rinse-Modus zum Einsatz. Gesunde bleibende humane Molaren dienten als Kontrolle.

Auf dem geätzten Schmelz, geätzten Dentin und ungeätzten Dentin aller Substrate ließ sich statistisch gesehen eine vergleichbar hohe Haftfestigkeit erzielen. Auf ungeätztem Schmelz von Milchzähnen und MIH-Zähnen war die Haftfestigkeit geringer, lag aber mit mehr als 25 MPa noch immer auf einem hohen Niveau. Der Unterschied könnte in dem verglichen mit gesundem Schmelz bleibender Zähne unterschiedlichen Mineralisierungsgrad begründet sein. Auf Grundlage dieser In-vitro-Daten lässt sich schlussfolgern, dass Scotchbond Universal Plus Adhäsiv für den Einsatz an Milch- und MIH-Zähnen und damit für die Kinderzahnheilkunde geeignet ist.

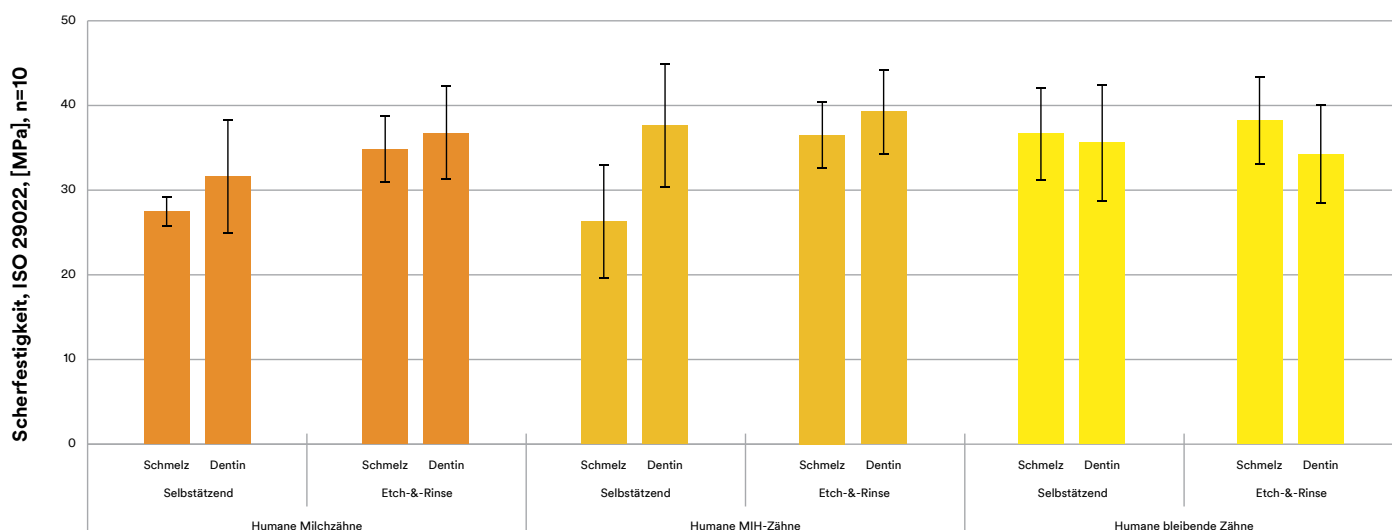


Abb. 6: Scherfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf humanen Zähnen versorgt mit 3M™ Filtek™ Universal Restorative (interne Daten von 3M, 2020)

## Haftfestigkeit auf sklerotisch verändertem Dentin

Aufgrund seines höheren Mineralisationsgrades wird häufig angenommen, dass es schwierig ist, eine zuverlässige Haftung auf sklerotisch verändertem Dentin zu erzielen. Ein hoher Anteil an sklerotisch verändertem Dentin findet sich in zervikalen, nicht-kariösen, keilförmigen Läsionen. Scotchbond Universal Plus Adhäsiv, 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv und Universaladhäsive anderer Hersteller wurden in dieser Untersuchung verwendet. Das Dentin zervikaler

Abrasionsläsionen extrahierter menschlicher Prämolaren wurde mit einer Polierbürste und Wasser gereinigt.

Zudem wurden für die Kontrollgruppe gesunde Schmelz- und Dentinoberflächen intakter Prämolaren so präpariert, dass keilförmige Kavitäten im bukkozervikalen Bereich entstanden. Die unmittelbar nach Probenherstellung erzielte Zugfestigkeit wurde nach Anwendung der Adhäsive im selbststätzenden Modus ermittelt.

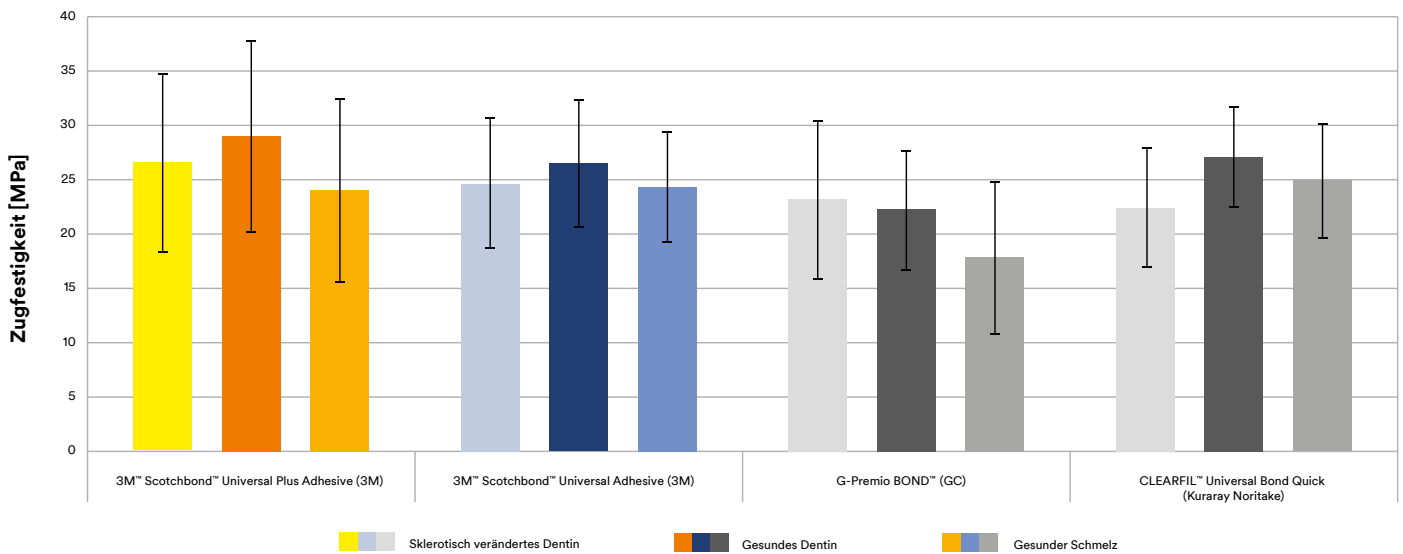


Abb. 7: Bonding Performance of Recent All-in-One Adhesive Systems to Cervical Tooth Substance, Y. Nara, M. Okada, M. Maeno, T. Kawai, T. Murata, I.L. Dogon, J Dent Res 98 (Spec Iss A): No. 1910, 2019

Es wurden keine signifikanten Unterschiede in der unmittelbar nach Probenherstellung ermittelten Haftfestigkeit auf Abrasionsläsions- / sklerotisch verändertem Dentin, gesundem Dentin und gesundem Schmelz nach Anwendung von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv, 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv und CLEARFIL™ Universal Bond Quick festgestellt. Die Anwendung von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv

im selbstätzenden Modus auf sklerotisch verändertem Dentin führt zu einer ähnlich hohen Haftfestigkeit wie die Anwendung seines Vorgängers Scotchbond Universal Adhäsiv. Auf Grundlage dieser In-vitro-Daten lässt sich schlussfolgern, dass Scotchbond Universal Plus Adhäsiv bei Anwendung im selbstätzenden Modus für die Befestigung auf sklerotisch verändertem Dentin geeignet ist.

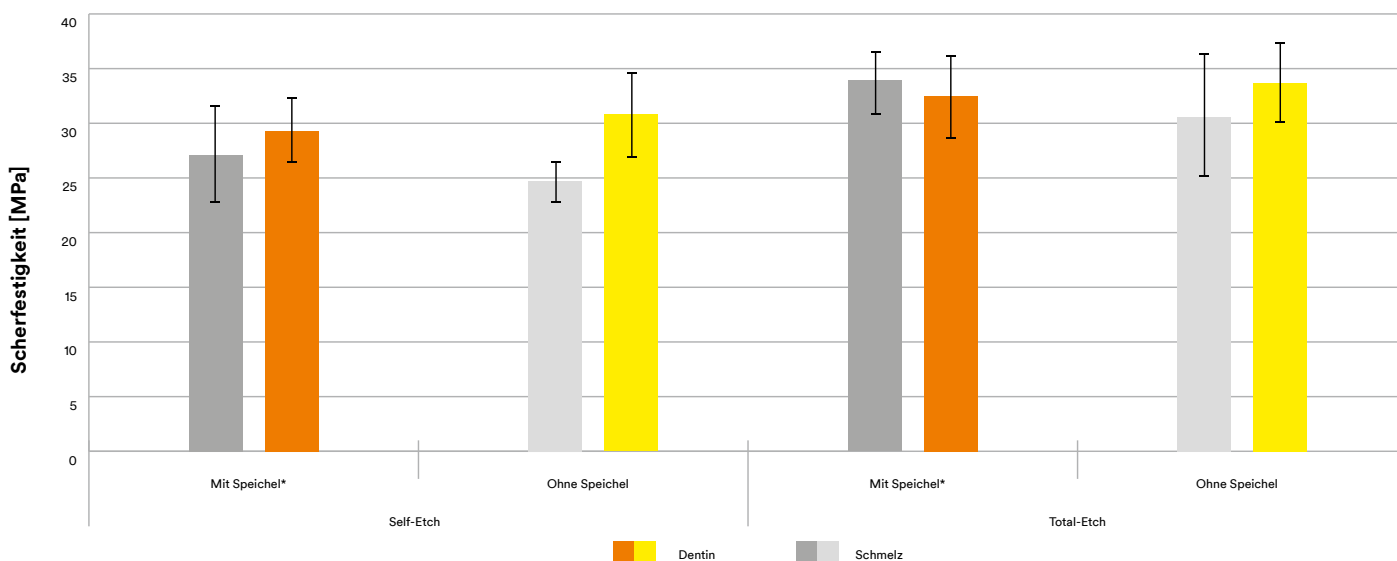
### Haftfestigkeit auf mit Speichel kontaminiertem Dentin

Die Trockenlegung ist eine der Herausforderungen, mit denen ein Zahnarzt Tag für Tag konfrontiert wird. Ein feuchtigkeitstolerantes Adhäsiv kann helfen, das Feuchtigkeitsmanagement zu vereinfachen.

Um die Auswirkungen der Kontamination mit Speichel auf den Haftverbund zu demonstrieren, wurde mithilfe des in ISO 29022:2013 beschriebenen Verfahrens zur Prüfung der Abscherverbundfestigkeit mit einer ausgesparten Klinge die Scherfestigkeit (SBS) ermittelt. Dafür wurden geätzte sowie ungeätzte Schmelz- und Dentinoberflächen mit menschlichem Speichel kontaminiert. Mit einem Papiertuch wurden die Oberflächen leicht abgetupft. Ein zylinderförmiger Probenkörper aus 3M™ Filtek™ Z250

Universal Composite wurde an den unter Befolgung der Gebrauchsanweisung mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv vorbehandelten Zahnoberflächen befestigt.

Nicht kontaminierte Probenkörper dienten als Kontrolle. Es lagen keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv erzielten Scherfestigkeit an sauberen und kontaminierten Zahnoberflächen vor. Diese Ergebnisse zeigen, dass Scotchbond Universal Plus Adhäsiv nicht empfindlich auf die Verunreinigung der Zahnhartsubstanz mit Speichel vor der Adhäsiv-Applikation reagiert. Dies ist speziell in solchen Situationen von Vorteil, in denen sich die Trockenlegung schwierig gestaltet.



\*Speichel wurde aufgetragen und leicht mit einem Papiertuch abgetupft, bevor 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv gemäß Gebrauchsanweisung angewendet wurde.

Abb. 8: Scherfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf sauberen und mit Speichel kontaminierten Zahnoberflächen (interne Daten von 3M).

### Haftfestigkeit auf Dentin unter verschiedenen Feuchtigkeitsbedingungen

Die Scherfestigkeit (SBS) wurde mithilfe des in ISO 29022:2013 beschriebenen Verfahrens zur Prüfung der Abscherverbundfestigkeit mit einer ausgesparten Klinge ermittelt. Dafür wurden die Oberflächen unter Befolgung der Gebrauchsanweisung des Herstellers mit 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv behandelt. Ein zylinderförmiger Probenkörper aus 3M™ Filtek™ Z250 Universal Composite wurde unter unterschiedlichen Feuchtigkeitsbedingungen an der Zahnoberfläche befestigt.

- Nass: Die Zähne wurden aus dem entmineralisierten Wasser entnommen und ohne Trocknung für das Bonding verwendet
- Feucht: Die Zähne wurden vor der Applikation des Adhäsivs mit einem Papiertuch trocken getupft

- Trocken: Die Zähne wurden für 30 Sekunden mit Druckluft getrocknet

Der Feuchtigkeitsgrad hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Scherfestigkeit an Dentin. Das galt sowohl für die im selbstadhäsiven Verfahren als auch für die im Etch-&-Rinse-Verfahren behandelten Gruppen. Einige der im selbstätzenden Verfahren behandelten Proben erzielten eine signifikant höhere Scherfestigkeit an Dentin als die im Etch-&-Rinse-Verfahren behandelten Proben. In allen Gruppen wurden sehr hohe Scherfestigkeiten mit Mittelwerten über 30 MPa erzielt.

Scotchbond Universal Plus Adhäsiv ist feuchtigkeitstolerant und erzielt an unterschiedlich feuchten Oberflächen eine hohe Haftfestigkeit – ganz gleich, ob die selbstätzende oder die Etch-&-Rinse-Technik gewählt wird. Das gibt Anwendern zusätzliche Sicherheit in Situationen, in denen die vollständige Trockenlegung schwierig ist.

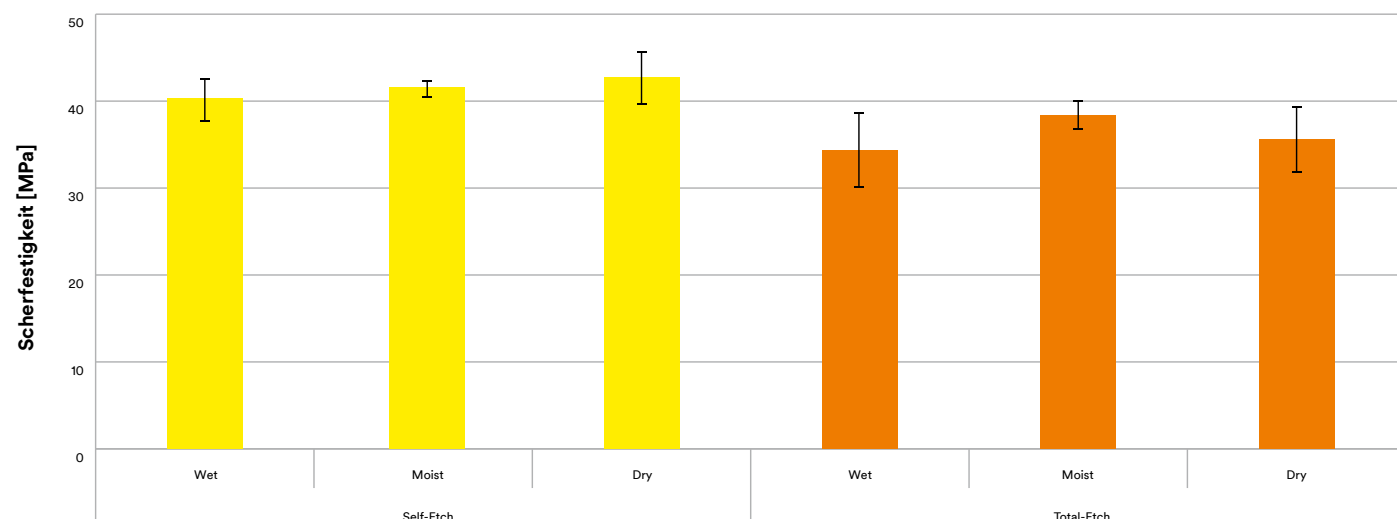


Abb. 9: Scherfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv an nassem, feuchtem und trockenem Dentin (interne Daten von 3M)

## Adhäsion und Bildung einer Hybridschicht auf Dentin

Es ist recht einfach, eine Haftung auf Schmelz zu erzielen. Das gelingt entweder durch eine mechanische Verankerung mithilfe eines mit Säure erzeugten Ätzmusters oder durch die chemische Adhäsion an Hydroxylapatit, hervorgerufen durch eine Reaktion mit einem sauren Monomer wie MDP.

Die Haftung an Dentin mit seinem höheren organischen Anteil (vorwiegend Kollagen) und seiner höheren Porosität ist hingegen komplexer. Ein entscheidender Schritt zur Erzielung einer hohen, langzeitstabilen Haftung auf Dentin war die Entwicklung des Konzeptes der Hybridschicht. Dabei handelt es sich um den mit Kunststoff infiltrierten Bereich des Dentins, der sich gleich unter der Adhäsivschicht befindet. Das Konzept wurde im Jahr 1982 von Nakabayashi vorgestellt (N. Nakabayashi, K. Kojima, E. Masuhara: The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates, J Biomed Mater Res 1982, 16, 265-273). Dieses basiert auf der Tatsache, dass Säure (als separates Phosphorsäure-Ätzel oder in Form von sauren Monomeren in einem selbstätzenden Adhäsiv angewendet) auf der Dentinoberfläche demineralisierend wirkt. Durch die Infiltration des verbleibenden Kollagens mit Adhäsiv bildet sich dann die Hybridschicht. Eine durchgehende Hybridschicht ohne Randspalt und Hohlräume ist die Voraussetzung für einen starken, dauerhaft stabilen Haftverbund.

Das angewendete Ätzprotokoll bestimmt die Stärke der Hybridschicht. Milde selbstätzende Adhäsive mit einem pH-Wert unter 2 bilden eine sehr dünne Hybridschicht (Stärke: 1 Mikrometer oder weniger). Durch Ätzen des Dentins mit Phosphorsäure erreicht die Demineralisierung des Substrats und die Hybridschicht eine Stärke von mehreren Mikrometern. Allerdings korreliert die Stärke der Hybridschicht nicht mit der Haftfestigkeit oder der Langlebigkeit des Haftverbunds. Stattdessen ist eine durch aggressives Ätzen hervorgerufene tiefe demineralisierte Zone für das Adhäsiv weniger leicht vollständig zu infiltrieren.

Es liegen immer mehr wissenschaftliche Daten vor, die darauf hinweisen, dass das Ätzen von Dentin zu Problemen führen kann. Auftreten können beispielsweise eine unvollständige Infiltration des geätzten Dentins, Undichtigkeiten, postoperative Sensitivitäten, die Aktivierung von Enzymen, die das Kollagen degradieren können (z. B. MMPs) und der Verlust der Haftfestigkeit an Dentin. Aus diesen Gründen scheint das Ätzprotokoll der Wahl die selektive Schmelzätzung und nachfolgende Anwendung eines mild selbstätzenden Adhäsivs (ohne separate Phosphorsäure-Ätzung des Dentins) zu sein (z. B. Van Meerbeek, M. Peumans, A. Poitevin, A. Mine, A. Van Ende, A. Neves, J. De

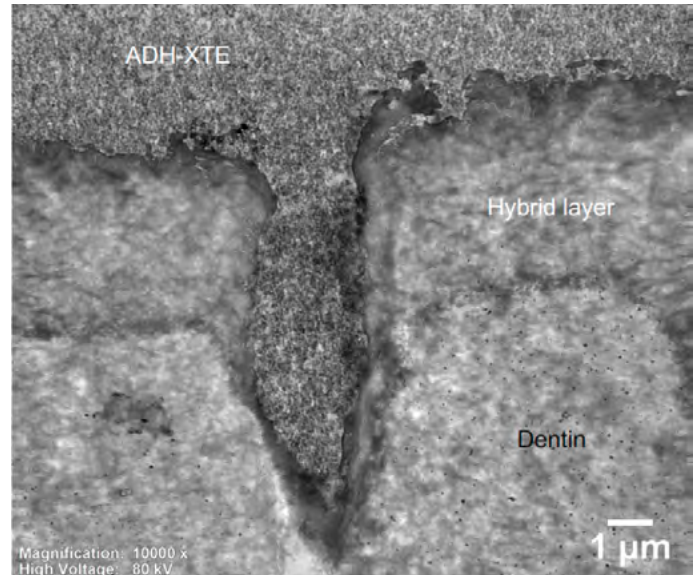


Abb. 10: Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme der von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf geätztem Dentin (demineralisiert, verfärbt) gebildeten Hybridschicht. Die Hybridschicht weist eine Stärke von rund 5 µm auf (als Folge des Ätzens mit Phosphorsäure) und es hat sich ein Kunststofftag in einem Dentintubulus gebildet. (M. Ahmed, C. Yao, Y. Ozaki, B. Van Meerbeek: 3M ADH-XTE Universal Adhesive – ultra-structural characterization of adhesive-dentin interface, Report to 3M, 2019).

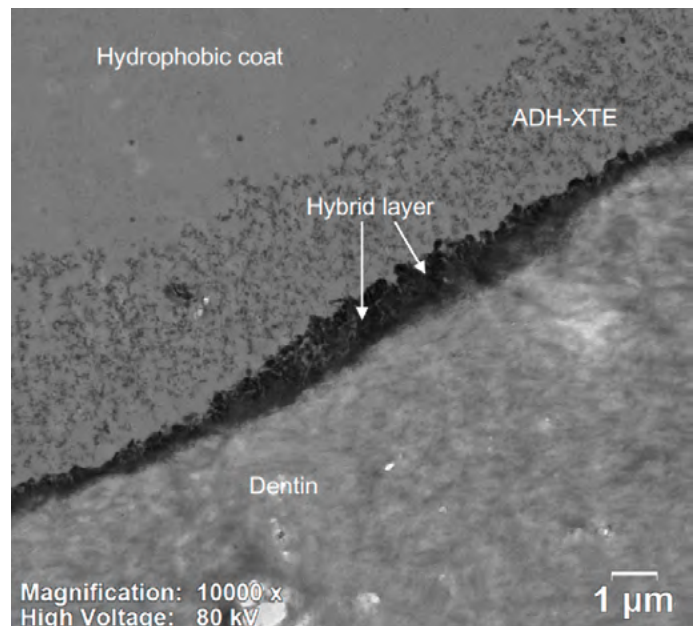


Abb. 11: Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme der von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf ungeätztem Dentin (demineralisiert, verfärbt) gebildeten Hybridschicht. Die Hybridschicht weist eine Stärke von rund 0,5 bis 1,0 µm auf (als Folge der selbstätzenden Anwendung). (M. Ahmed, C. Yao, Y. Ozaki, B. Van Meerbeek: 3M ADH-XTE Universal Adhesive – ultra-structural characterization of adhesive-dentin interface, Report to 3M, 2019).

Munck: Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes, Dent Mater 2010, 26, e100-e121).

Die Grenzschicht zwischen 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv (= ADH-XTE experimentelle Bezeichnung) und

geätzt bzw. ungeätzt Dentin wurde in einer Studie mittels Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) untersucht (M. Ahmed, C. Yao, Y. Ozaki, B. Van Meerbeek: 3M ADH-XTE Universal Adhesive – ultra-structural characterization of adhesive-dentin interface, Report to 3M, 2019).

In beiden Ätzmodi entstand eine klar abgegrenzte Hybridschicht ohne Randspalt und Lufteinschlüsse. Die Stärke der Schicht hängt von der Ätztechnik ab.

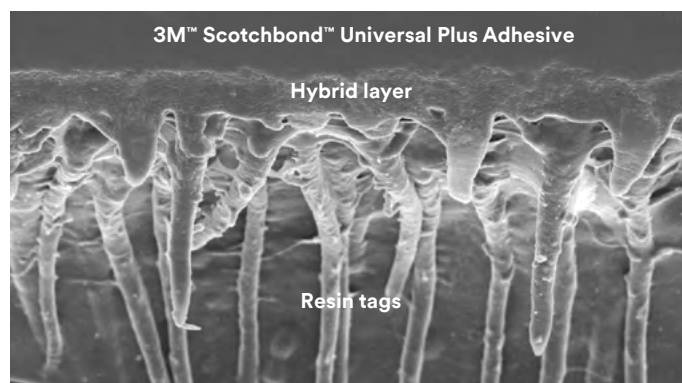
Weitere Beobachtungen zeigen, dass die Adhäsivschicht recht dünn war (zwischen 3 und 6 µm). Es befanden sich keine Lufteinschlüsse in der Adhäsivschicht. Während der Probenherstellung und Erstellung der Aufnahmen trat keine Ablösung (Debonding) der Grenzschicht auf. Dies weist auf einen sicheren Haftverbund auf beschliffenem Dentin hin.

### Bildung einer Hybridschicht und Feuchtigkeitstoleranz

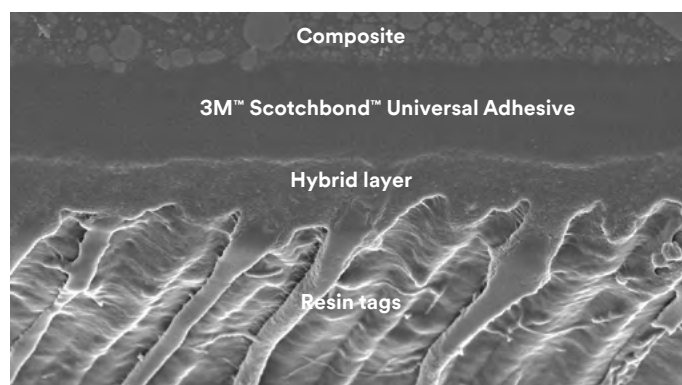
Die Haftung auf geätzt Dentin kann aufgrund seiner Feuchtigkeitsempfindlichkeit eine Herausforderung darstellen. Wenn Dentin trocknet, können freiliegende Kollagenfasern kollabieren und ein kompaktes Substrat bilden, das nicht leicht infiltrierbar ist. Das erschwert je nach Adhäsiv die Bildung einer intakten Hybridschicht (J. Perdigao, A. Sezinando, P.C. Monteiro: Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive, Am J Dent 2012, 25, 153-158). Die Autoren der genannten Studie schlussfolgerten, dass die Leistungsfähigkeit von Scotchbond Universal Adhäsiv nicht durch die Wahl der Ätztechnik oder dem Feuchtigkeitsgrad des Dentins beeinflusst wurde. Um die Fähigkeit von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv zur Bildung einer Hybridschicht auf unterschiedlich feuchtem geätzt Dentin zu untersuchen, wurde es in einer REM-Studie mit seinem Vorgänger verglichen (J. Perdigao: Ultra-morphological evaluation of the interaction of an experimental universal adhesive with dentin, Berichterstattung an 3M, 2019).

Beide Adhäsive wurden dafür auf mittlerem geätzt Dentin extrahierter humaner Molaren im feuchten und trockenen Zustand angewendet. Nach der Applikation wurden die Adhäsive mit einer einen Millimeter dicken Kompositschicht bedeckt. Unmittelbar danach erfolgte die Probenherstellung für die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.

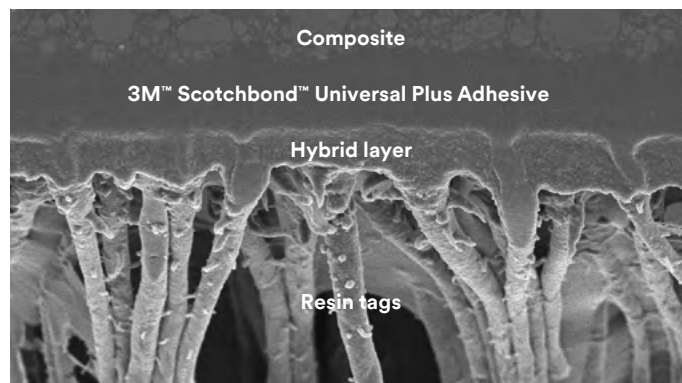
Für alle Gruppen war eine vollständig ausgebildete Hybridschicht erkennbar. Es gab keine wahrnehmbaren Unterschiede zwischen den Gruppen. Analysiert wurde die Hybridschicht im intertubulären Bereich, um die Hybridisierung um die Tubuli herum zu meiden. Es wurden zudem eine klar definierte laterale peritubuläre trianguläre Hybridisierung sowie Kunststofftag-Hybridisierung beobachtet.



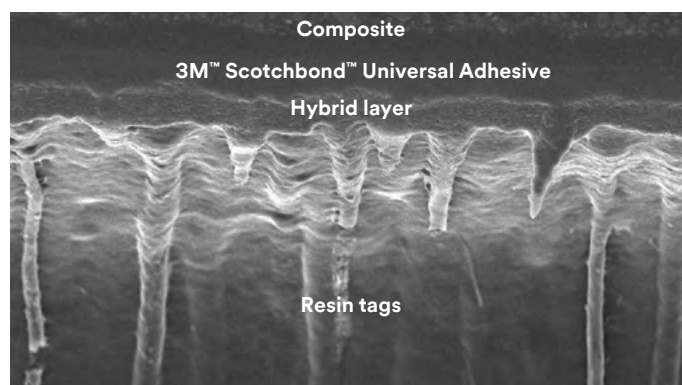
3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv auf feuchtem, geätzt Dentin.



3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf trockenem, geätzt Dentin.



3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv auf trockenem, geätzt Dentin.



3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf trockenem, geätzt Dentin.

Abb. 12: REM-Untersuchung der Hybridschicht auf geätzt Dentin (J. Perdigao: Ultra-morphological evaluation of the interaction of an experimental universal adhesive with dentin. Berichterstattung an 3M, 2019).

Den mit einer Entproteinisierung mit Natriumhypochlorit verbundenen Herausforderungen zum Trotz war die Hybridschicht intakt und es waren keinerlei freiliegende Kollagenfasern erkennbar. Die Kollagenfasern in der Hybridschicht waren offenbar vollständig von polymerisiertem Adhäsiv-Kunststoff umgeben.

Die Stärke der Hybridschicht ist in den Bildlegenden der REM-Aufnahmen angegeben. Die Lufttrocknung des Dentins für fünf Sekunden nach Abspülen des Ätzzgels hatte keinen Einfluss auf die Morphologie der Hybridschicht. Dies war unabhängig von dem verwendeten Adhäsiv der Fall.

Beide Adhäsive waren in der Lage, die Dentintubuli sowie sekundäre Anastomosen zu infiltrieren und dabei markante Kunststofftags zu bilden. Weder zwischen dem Adhäsiv und dem fließfähigen Komposit noch zwischen dem Adhäsiv und der Hybridschicht wurde ein Randspalt gebildet.

Wie sein Vorgänger bildet 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf getrockneten und geätzten Dentinoberflächen eine klar definierte Hybridschicht ohne freiliegendes Kollagen. Dies erklärt die hohe Haftfestigkeit von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv auf unterschiedlich feuchtem Dentin (wie beschrieben) und damit die geringe Techniksensitivität des Adhäsivs.

Es ist wichtig, dass das Kollagen vollständig von polymerisiertem Kunststoff umgeben ist. Nur so kann es im Sinne eines langfristig stabilen Haftverbunds vor

enzymatischen und hydrolytischen Angriffen geschützt werden.

Die vollständige Durchtränkung des Kollagens ist ebenso wie der Verschluss von Dentintubuli durch Kunststofftags ein wichtiger Faktor zur Vermeidung eines Flüssigkeitsstroms unter einer Restauration. Wird dieser in Gang gesetzt, können laut der hydrodynamischen Theorie nach Brännström (M Brännström: Sensitivity of dentine, Endodontics 1966, 21, 517-526) postoperative Sensitivitäten entstehen.

Die Bildung einer Hybridschicht wurde zusätzlich mittels konfokaler Raman-Mikroskopie analysiert (interne Daten von 3M, Dentin Interface Characterization of Universal Adhesives by Raman Microscopy, B. Anich, B. Dippel, G. Mishra, H. Loll, A. Lopez, C. Thalacker, J Dent Res 98 (Spec Iss B): No. 443 (CED-IADR), 2019). Dafür wurden Rinder-Schneidezähne zur Freilegung des Dentins geschliffen und anschließend mit 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv oder Scotchbond Universal Plus Adhäsiv im Etch-&-Rinse bzw. im selbstätzenden Modus unter Befolgung der Gebrauchsanweisung des Herstellers behandelt. Dann wurde eine einen Millimeter dicke Kompositschicht (3M™ Filtek™ Z250 Universal Composite) auf die Adhäsivschicht aufgetragen und lichtgehärtet. Die Probenkörper wurden senkrecht zur Klebefläche geschliffen, um die Grenzfläche für die konfokale Raman-Mikroskopie freizulegen. Anhand der angefertigten Aufnahmen ließen sich die chemische Zusammensetzung und die Stärke der Hybrid- sowie der Adhäsivschicht ermitteln.

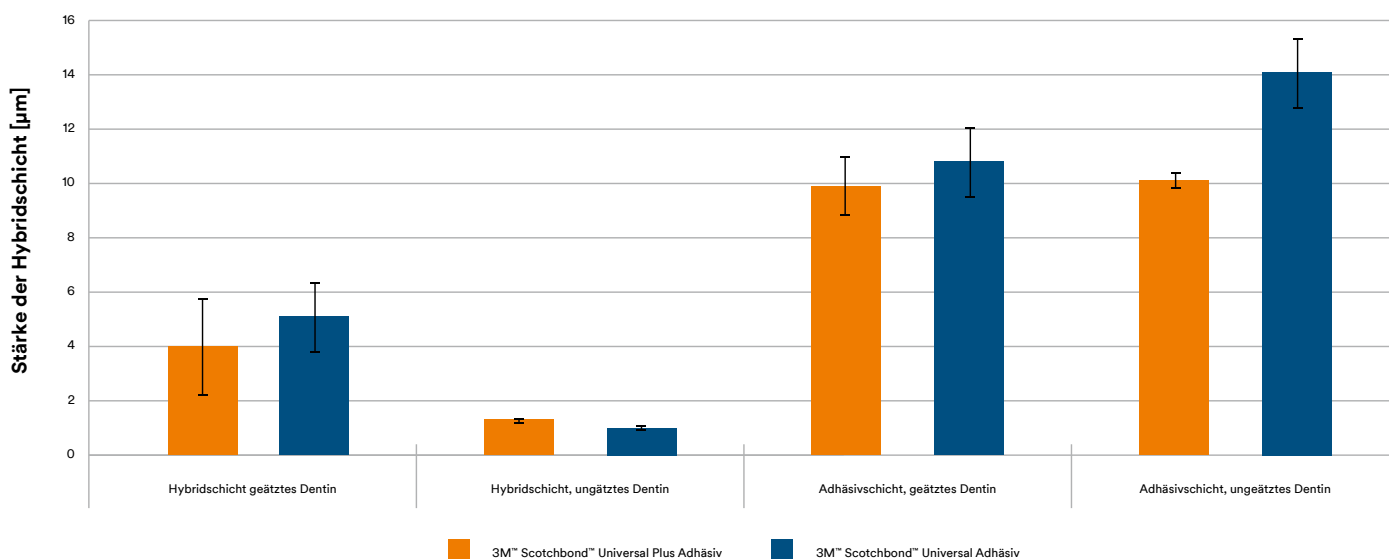


Abb. 13: Stärke der Hybridschicht sowie der Adhäsivschicht von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv und 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv auf Schmelz und Dentin. (Interne Daten von 3M, Dentin interface characterization of universal Adhesives by raman microscopy, B. Anich, B. Dippel, G. Mishra, H. Loll, A. Lopez, C. Thalacker, J Dent Res 98 (Spec Iss B): No. 443 (CED-IADR), 2019).

Wie in der REM-Untersuchung von B. van Meerbeek et al. dargestellt, ist die Hybridschicht auf geätztem Dentin mehrere Mikrometer stark, während sie auf ungeätztem Dentin lediglich eine Stärke von rund einem Mikrometer aufweist. Scotchbond Universal Plus Adhäsiv und sein Vorgänger Scotchbond Universal Adhäsiv bilden ähnlich dicke Hybridschichten auf Dentin aus. Dies erklärt die ermittelte hohe Haftfestigkeit auf Dentin. Eine klar

definierte, fehlerfreie Hybridschicht ist eine Voraussetzung für einen starken, langlebigen Haftverbund an Dentin. Die gebildete Adhäsivschicht ist mit rund 10 Mikrometern Stärke (erzielt nach Anwendung gemäß Gebrauchsanweisung) dünn genug, um jegliche Passungsprobleme bei der Eingliederung indirekter Restaurationen auszuschließen.

## Monomer-Konversionsgrad

Die konfokale Raman-Mikroskopie kam zum Einsatz, um den Konversionsgrad der Monomere in der Adhäsivschicht auf geätztem und ungeätztem Rinderdentin zu ermitteln. Der Konversionsgrad von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv betrug 92 Prozent. Dies weist auf einen sehr hohen prozentualen Anteil an reagierten Doppelbindungen hin, die das Niveau des Vorgängers 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv erreichen.

Der hohe Konversionsgrad ermöglicht eine rasche Umstellung der Adhäsiv-Formulierung von hydrophil (im nicht ausgehärteten Zustand) zu hydrophob (nach Aushärtung). Dies ist vorteilhaft, da das Adhäsiv zunächst

eine hydrophile Oberfläche (den Zahn) benetzen muss. Nach der Aushärtung sorgt die Hydrophobie für einen langlebigen Haftverbund, eine geringe Verfärbungsanfälligkeit und Wasseraufnahme sowie eine hohe Hydrolysebeständigkeit.

Der niedrige Kontaktwinkel von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv im nicht ausgehärteten Zustand ist ein Hinweis auf die Hydrophilie des Materials, während der hohe Kontaktwinkel von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv im ausgehärteten Zustand ein Zeichen für die hydrophobe Eigenschaft ist (siehe Abbildung 15).

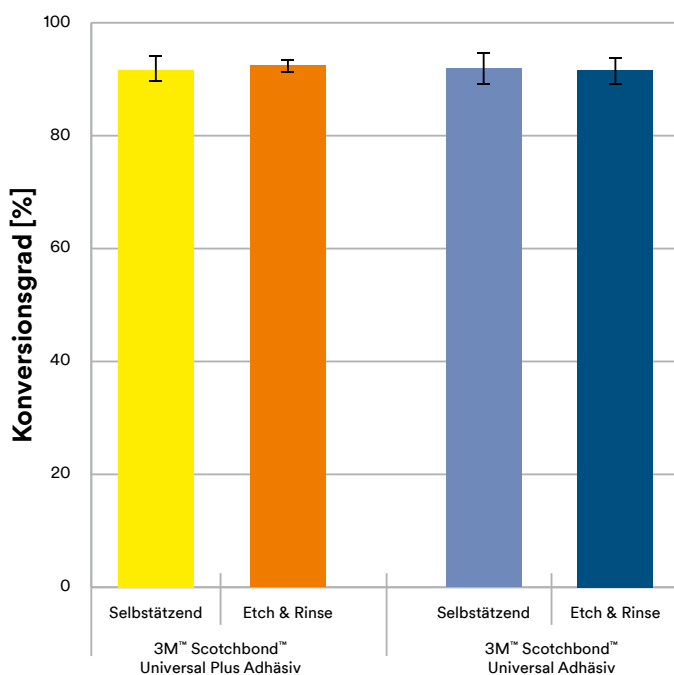


Abb. 14: Konversionsgrad von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv im Vergleich zu 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv, gemessen mittels konfokaler Raman-Mikroskopie (3M Corporate Research Analytical Laboratory Neuss, Deutschland, unveröffentlicht)



Abb. 15: Wassertropfen auf 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv.

Links: nicht ausgehärtet, luftgetrocknet (niedriger Kontaktwinkel) / Rechts: ausgehärtet, sauerstoffinhibierte Schicht entfernt (hoher Kontaktwinkel). Substrat: Rinderdentin. (interne Daten von 3M, unveröffentlicht)

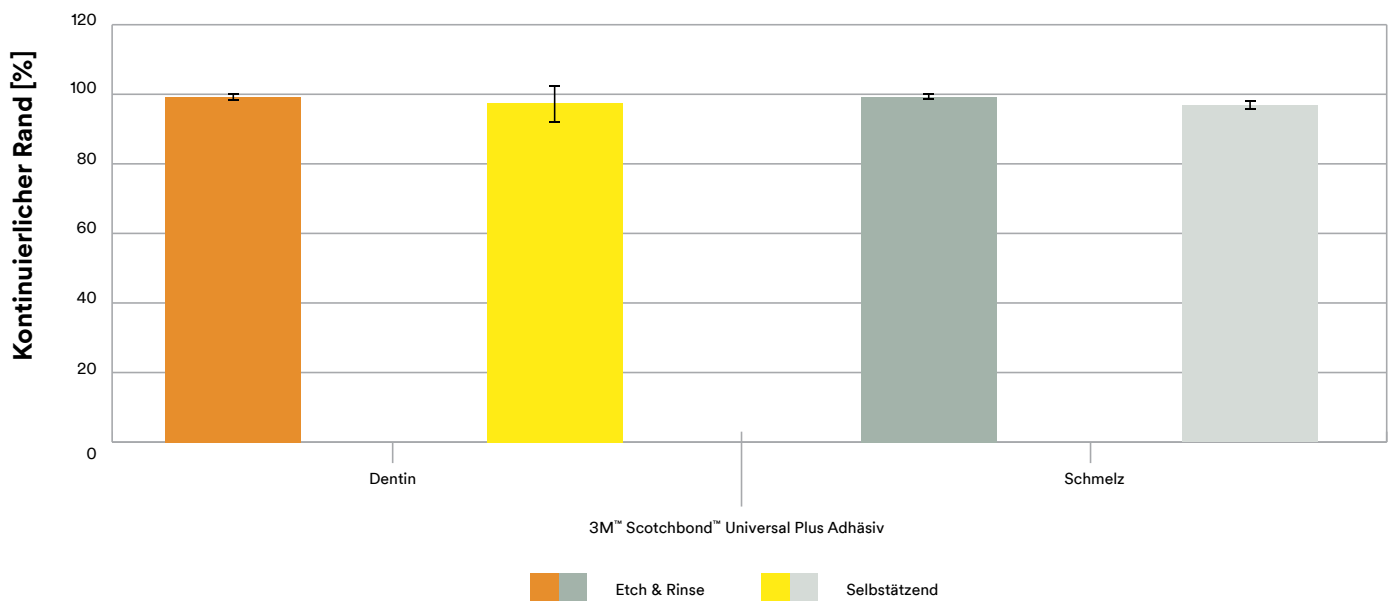
# Randdichte

Eine weitere wichtige Eigenschaft von Adhäsiven ist die Fähigkeit, Polymerisationskräften zwischen Komposit und Zahnhartsubstanz zu widerstehen und eine kontinuierlich versiegelte, intakte Kontaktfläche zu erhalten. In einer In-vitro-Studie der Charité – Universitätsmedizin Berlin (Deutschland) wurde die Randdichte von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv untersucht.

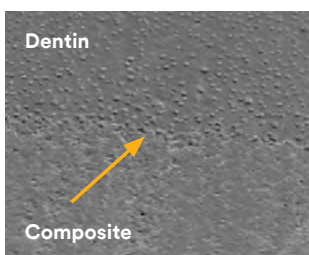
Dafür wurden Kavitäten der Klasse V in extrahierte Zähne präpariert. Vor der Applikation des Universaladhäsivs im Eth-&-Rinse oder im selbstätzenden Verfahren unter Befolgung der Gebrauchsanweisung des Herstellers wurden die Kavitäten vorsichtig getrocknet. Danach wurde das Komposit-Füllungsmaterial appliziert, 40 Sekunden

lichtgehärtet, ausgearbeitet und poliert. Die Proben wurden 21 Tage in Wasser gelagert und anschließend Thermozyklen (TC) ausgesetzt. Vor und nach dem Thermocycling wurde zur Herstellung von Repliken jeweils eine Abformung durchgeführt. Es folgte eine rasterelektronenmikroskopische Analyse (REM) zur Untersuchung der Randqualität der Restaurationsränder am Übergang von Dentin bzw. Schmelz zu Komposit.

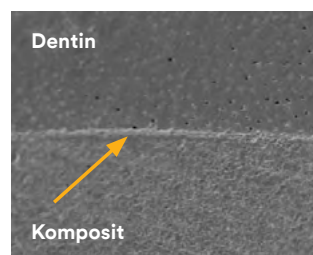
Scotchbond Universal Plus Adhäsiv erzielt eine hohe Randqualität mit 97 bis 99 Prozent kontinuierlichen Rändern zwischen Dentin und Schmelz. Die Werte für die Randadaptation in den getesteten Gruppen waren extrem gut.



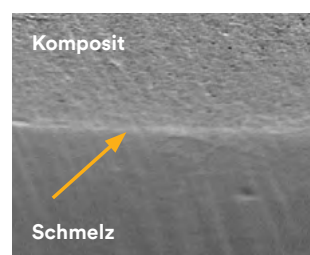
**Selbstätzend**



**Etch & Rinse**



**Selbstätzend**



**Etch & Rinse**

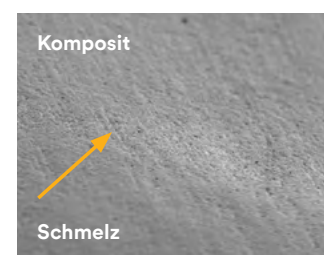


Abb. 16: Quantitative Randanalyse von Klasse-V-Restaurationen, befestigt mit 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv (Dr. U. Blunck, Charité Berlin, Berichterstattung an 3M, 2019)



## Haftfestigkeit auf Stumpfaufbaumaterialien

Dualhärtende Komposite wie Stumpfaufbaumaterialien und Befestigungskomposite enthalten jeweils einen Initiator für die Licht- und für die Dunkelhärtung. So wird eine vollständige Aushärtung auch dann sichergestellt, wenn es nicht möglich ist, ein Polymerisationsgerät zu verwenden. Die Initiatorsysteme für die Selbst- bzw. Dunkelhärtung basieren häufig auf einer Formulierung aus Peroxiden und Aminen, die nicht mit sauren Adhäsiven kompatibel ist. Ein saures Adhäsiv könnte das Amin protonieren, wodurch seine Fähigkeit blockiert wird, mit dem Peroxid zu reagieren und dadurch die Aushärtungsreaktion zu initiieren. Infolgedessen würde das dual- oder selbsthärtende Material in der Nähe des Adhäsivs nicht aushärten, was zu einem Versagen der Restauration führen könnte.

Um dieses Problem zu lösen, entwickelte 3M einen Aktivator für die Dunkelhärtung (DCA) zur Verwendung mit dem ursprünglichen 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv. Das Sulfinatsalz in dem DCA reagiert in einer sauren Umgebung mit dem Peroxid und umgeht so die erwähnte Inkompatibilität. Scotchbond Universal Plus Adhäsiv enthält einen Dunkelhärtungs-Beschleuniger (ein Übergangsmetallsalz), der den separaten Aktivator für die Dunkelhärtung ersetzt. Dadurch wird die separate Flasche mit 3M™ Scotchbond™ Universal DCA Dual Cure Activator obsolet (siehe auch Kapitel Chemische Zusammensetzung).

In der folgenden Studie wurde die Haftfestigkeit von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv und seinem Vorgänger Scotchbond Universal Adhäsiv mit Scotchbond Universal DCA verglichen, die erzielt wurde auf im selbsthärtenden Modus eingesetzten dualhärtenden Kompositen für den Stumpfaufbau.

Für die Ermittlung der Scherfestigkeit an Stumpfaufbaumaterialien wurde ein kieferorthopädischer Bogen zu einer Schlinge geformt und eingesetzt, um einen zylinderförmigen Probenkörper aus Komposite (4,7 mm Durchmesser) von Rinderschmelz bzw. Rinderdentin abzuscheren. Der Probenkörper war in dieser Untersuchung größer als in ISO 29022:2013 beschrieben, um die Probenkörperherstellung mit selbst- oder dualhärtenden Materialien zu erleichtern, bei denen vor dem Füllen der Form zwei Pasten zu vermischen sind.

Die mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv erzielte Haftfestigkeit war höher als oder vergleichbar hoch wie die mit Scotchbond Universal Adhäsiv und Scotchbond Universal Dual Cure Activator erzielten Werte. Dies bestätigt, dass die Vereinfachung des Adhäsivsystems nicht auf Kosten der Leistungsfähigkeit erzielt wurde.

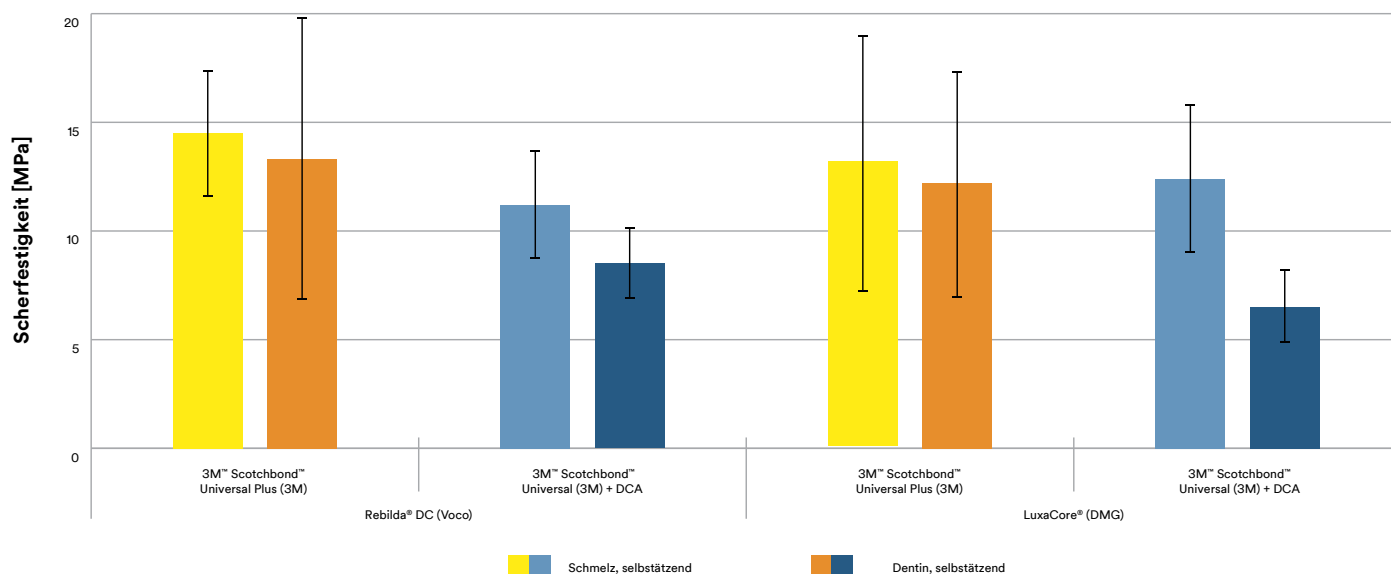


Abb. 17: Scherfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv (lichtgehärtet) auf unterschiedlichen Kompositen für den Stumpfaufbau (selbsthärtender Modus) (interne Daten von 3M, 2020).

# Haftfestigkeit auf Restaurationsmaterialien

## Grundlagen der Adhäsion auf Restaurationsmaterialien

Heute steht eine große Anzahl an Restaurationsmaterialien zur Verfügung, mit denen sich unterschiedliche Bedürfnisse hinsichtlich Ästhetik, Biegefestigkeit und Einfachheit der Anwendung erfüllen lassen. 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv nutzt unterschiedliche Mechanismen, um eine Haftung auf diesen Materialien mit ihrer individuellen Oberflächenchemie sicherzustellen:

- Die Phosphatgruppe säurehaltiger Monomere wie **MDP haftet auf nicht ätzbaren Keramiken (wie Zirkoniumoxid und Aluminiumoxid)** sowie auf der Oxidschicht von Nicht-Edelmetallen. Darum dürfen diese Materialien nicht mit Phosphorsäure gereinigt werden, denn dies würde die reaktiven Bindestellen blockieren. Beim Sandstrahlen von Edelmetall lagert sich ein Teil des als Strahlmittel verwendeten Korunds in die Oberfläche ein. Auf diesen eingelagerten Partikeln haftet dann das MDP.
- Im **Haftvermittler enthaltene Silane haften auf ätzbaren Glaskeramiken (Feldspatkeramik, leuzitverstärkter Keramik und Lithiumdisilikat)** sowie auf silikatbasierten Füllkörpern kunststoffbasierter Materialien.
- Kovalente Bindungen der Monomere in Scotchbond Universal Plus Adhäsiv können mit den verbleibenden Doppelbindungen in kunststoffbasierten Materialien reagieren.

Grundsätzlich sind alle Restaurationsmaterialien vor der Anwendung des Adhäsivs zu reinigen. Zudem sollte die Oberfläche zur Erhöhung der mechanischen Retention angeraut werden. Die folgende Tabelle bietet einen Überblick über die empfohlene Vorbehandlung verschiedener Restaurationswerkstoffe zur Optimierung der Haftung von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv:

Restaurationsmaterial	Art der Vorbehandlung
<b>Ätzbare Glaskeramiken – Feldspatkeramik, leuzitverstärkte Keramik und Lithiumdisilikat</b> (z. B. Vitablocs® Mark II, VITA Zahnfabrik; IPS e.max® CAD, Ivoclar Vivadent)	Ätzen mit Flusssäure (HF) unter Befolgung der Gebrauchsanweisung des jeweiligen Keramikherstellers Wenn es unmöglich ist, Flusssäure einzusetzen (beispielsweise aus Sicherheitsgründen bei Reparaturen im Patientenmund), kann 3M™ CoJet™ oder Korund (< 50 µm, < 2 bar) eingesetzt werden
<b>Nicht ätzbare Oxidkeramik wie Zirkoniumoxid und Aluminiumoxid</b> (z. B. 3M™ Lava™, 3M; Cercon®, Dentsply Sirona; Procera® AllCeram, Nobel Biocare)	Sandstrahlen (< 50 µm, < 2 bar) <b>Der Einsatz von Phosphorsäure auf sandgestrahlten Oberflächen verringert die Haftfestigkeit!</b>
<b>Resin-Nanokeramik</b> (3M™ Lava™ Ultimate, 3M)	Sandstrahlen (< 50 µm, < 2 bar)
<b>Komposit</b> (z. B. 3M™ Paradigm™ MZ100, 3M; Kompositmaterialien für den Stumpfaufbau, für die Reparatur verwendete Komposite-Füllungsmaterialien)	Sandstrahlen (< 50 µm, < 2 bar)
<b>Metall</b> (Edelmetall sowie nicht-Edelmetall)	Sandstrahlen (< 50 µm, < 2 bar)
<b>Glasfaserverstärkte Wurzelstifte</b>	Keine Vorbehandlung

Tabelle 2: Vorbehandlung verschiedener Restaurationsmaterialien

### Haftfestigkeit auf Glaskeramik (Lithiumdisilikat)

Die auf Glaskeramik (IPS e.max® CAD, Ivoclar Vivadent) erzielte Haftfestigkeit wurde in einer von der Katholischen Universität Löwen (Belgien) durchgeführten Studie untersucht (C. Yao, M. Ahmed, B. Mercelis, B. Van Meerbeek: Shear-bond strength of a new 3M Universal Adhesive to Glass-Ceramic, Berichterstattung an 3M, 2020).

Folgende Adhäsivsysteme wurden nach unterschiedlicher Vorbehandlung auf Lithiumdisilikat angewendet und lichtgehärtet:

1. 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv (enthält Silan)
2. 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv (enthält Silan)
3. 3M™ RelyX™ Ceramic Primer + 3M™ Adper™ Scotchbond™ 1XT Adhäsiv (klinisch bewährtes Silan + separates Adhäsiv)
4. RelyX Ceramic Primer + Scotchbond Universal Plus Adhäsiv (zur Beurteilung des Einflusses einer zusätzlichen Silan-Applikation)
5. RelyX Ceramic Primer + Scotchbond Universal Adhäsiv (zur Beurteilung des Einflusses einer zusätzlichen Silan-Applikation)

Unter Einsatz des in ISO 29022:2013 beschriebenen Verfahrens zur Prüfung der Abscherverbundfestigkeit mit einer ausgesparten Klinge wurde ein zylinderförmiger Probenkörper aus 3M™ Filtek™ Z250 Universal Composite (3M) an der mit Adhäsiv behandelten Oberfläche des Restauratio materials befestigt. Sowohl direkt nach der Probenherstellung als auch nach künstlicher Alterung wurde die Scherfestigkeit ermittelt.

Nach Vorbehandlung der Keramikoberfläche mit 3M™ CoJet™ oder Flusssäure war die Scherfestigkeit (SBS) der Gruppe, in der ausschließlich Scotchbond Universal Plus Adhäsiv appliziert wurde, mit der Gruppe vergleichbar, in der der Keramikprimer in Kombination mit Adper Scotchbond 1XT Adhäsiv zum Einsatz kam.

Scotchbond Universal Plus Adhäsiv erzielte eine höhere SBS direkt nach Applikation sowie nach künstlicher Alterung als Scotchbond Universal Adhäsiv, sofern eine Vorbehandlung (mittels CoJet oder mit Flusssäure) erfolgte und kein zusätzlicher Primer verwendet wurde. Bei den mit CoJet vorbehandelten und mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv bzw. Scotchbond Universal Adhäsiv befestigten Probenkörpern trat nach Alterung eine signifikante Reduktion der SBS auf.

Scotchbond Universal Plus Adhäsiv war hinsichtlich der Haftung auf Glaskeramik (IPS e.max CAD) insgesamt leistungsfähiger als Scotchbond Universal Adhäsiv. Nach dem Ätzen der Keramik mit Flusssäure war die mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv sowohl vor als auch nach künstlicher Alterung erzielte SBS hoch.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Scotchbond Universal Plus Adhäsiv auf mit Flusssäure geätztem Lithiumdisilikat eine statistisch vergleichbar hohe Haftfestigkeit erzielt wie ein klassisches Silan (RelyX Ceramic Primer). Dies ist sowohl vor als auch nach der künstlichen Alterung der Fall.

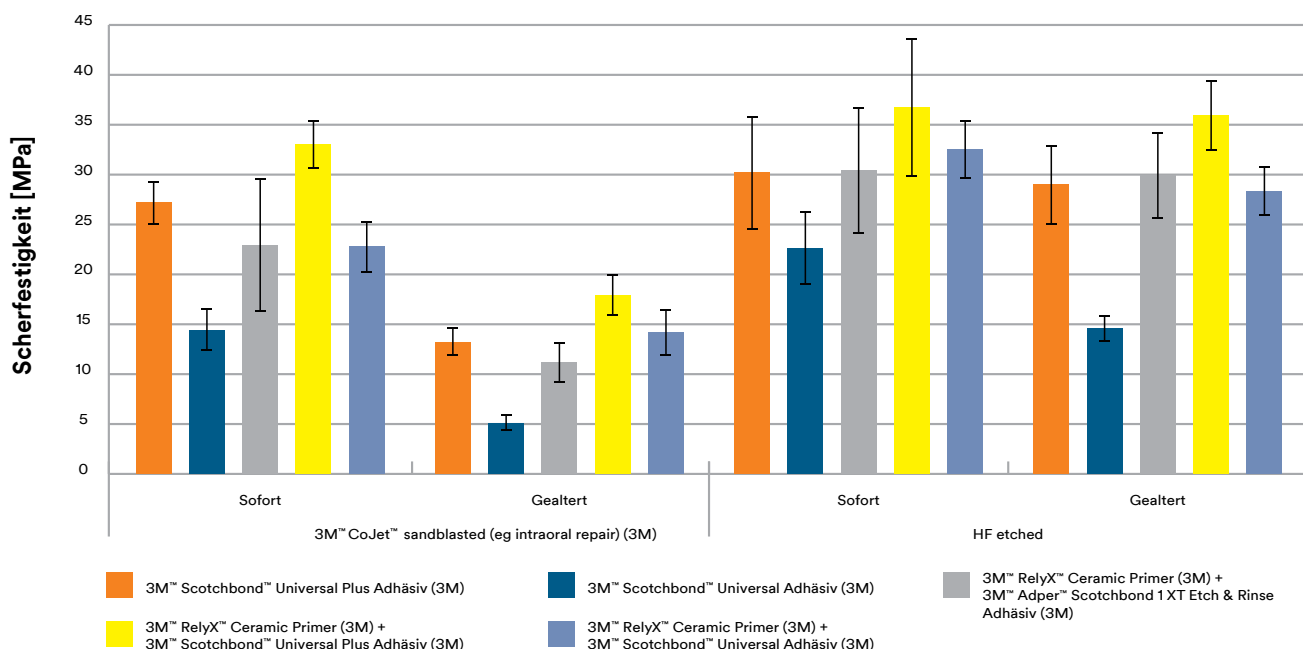


Abb. 18: Haftung an Lithiumdisilikat (C. Yao, M. Ahmed, B. Mercelis, B. Van Meerbeek, KU Leuven, Belgium, Berichterstattung an 3M, 2020).

## Haftfestigkeit auf Glaskeramik (Feldspatkeramik)

Die Scherhaftfestigkeit (SBS) wurde mittels des in ISO 29022:2013 beschriebenen Verfahrens zur Prüfung der Abscherverbundfestigkeit mit einer ausgesparten Klinge ermittelt. Blöcke aus Feldspatkeramik (Vitablocs® Mark II, VITA Zahnfabrik) wurden mit Flusssäure (HF) behandelt und gründlich mit Wasser gespült. Anschließend wurde 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv (SBU+), 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv (SBU) oder die Kombination aus 3M™ Adper™ Scotchbond™ 1 XT Adhäsiv und einem konventionellen Glaskeramik-Primer (SB 1 XT) unter Befolgung der Gebrauchsanweisung des Herstellers angewendet. Als experimentelle Alternative zur Flusssäure-Ätzung wurden die Blöcke mit 3M™ CoJet™ Sand (3M) abgestrahlt und mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv behandelt. Ein zylinderförmiger Probenkörper aus Komposite wurde an den Proben befestigt, bevor diese für 24 Stunden in 37° C warmem Wasser gelagert wurden. Unabhängig von der Vorbehandlung erzielte Scotchbond Universal Plus Adhäsiv ähnlich hohe Haftwerte wie die Kontrollgruppen.

Diese Studie zur Haftung an Feldspatkeramik ergänzt die oben vorgestellten Daten für Lithiumdisilikat sinnvoll. Scotchbond Universal Plus Adhäsiv erzielt eine statistisch gleich hohe Haftfestigkeit wie ein Adhäsiv mit separater Silan-Anwendung (3M™ RelyX™ Ceramic Primer).

## Zugfestigkeit auf unterschiedlichen Oberflächen inklusive Lithiumdisilikat und Feldspatkeramik

Bei dieser Untersuchung kamen zwei Silan enthaltende Adhäsivsysteme (3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv und 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv) sowie zwei Adhäsivsysteme zum Einsatz, die eine separate Applikation von Silan erfordern (CLEARFIL™ Universal Bond Quick mit CLEARFIL Ceramic Primer PLUS (UBQ, Kuraray- Noritake Dental) sowie G-Premio BOND mit Ceramic Primer II (GPB, GC)). Als Substrate wurden Komposit, Lithiumdisilikat, Feldspatkeramik, gesunder Schmelz und Dentin ausgewählt. Jedes Substrat wurde unter Befolgung der Gebrauchsanweisung des jeweiligen Herstellers mit jedem Adhäsivsystem behandelt und die Zugfestigkeit (TBS) wurde ermittelt.

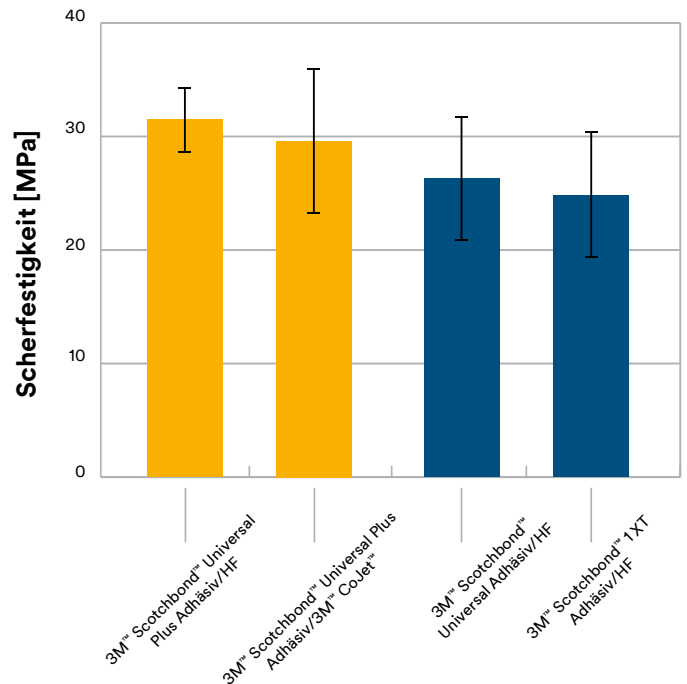


Abb. 19: Haftung an Feldspatkeramik (Vitablocs Mark II, VITA); (interne Daten von 3M: Adhesion of an experimental universal adhesive to feldspathic glass ceramic, C. Thalacker, M. Schuckar, K. Dede, H. Loll, B. Anich, A. Andrés, J Dent Res 98 (Spec Iss B): No. 196 (CED-IADR), 2019)

Die Hafteigenschaften der eingesetzten Adhäsivsysteme waren je nach Substrat unterschiedlich. Hinsichtlich der durchschnittlichen Haftfestigkeit, Zuverlässigkeit des Haftverbunds und Langlebigkeit schnitt Scotchbond Universal Plus Adhäsiv auf den fünf Substratarten vergleichbar gut oder sogar besser ab als die anderen Systeme. Mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv, angewendet ohne zusätzliches Silan, wurde eine ähnlich hohe Haftfestigkeit auf Glaskeramik erzielt wie mit anderen Universaladhäsiven, die eine separate Silan-Applikation erfordern.

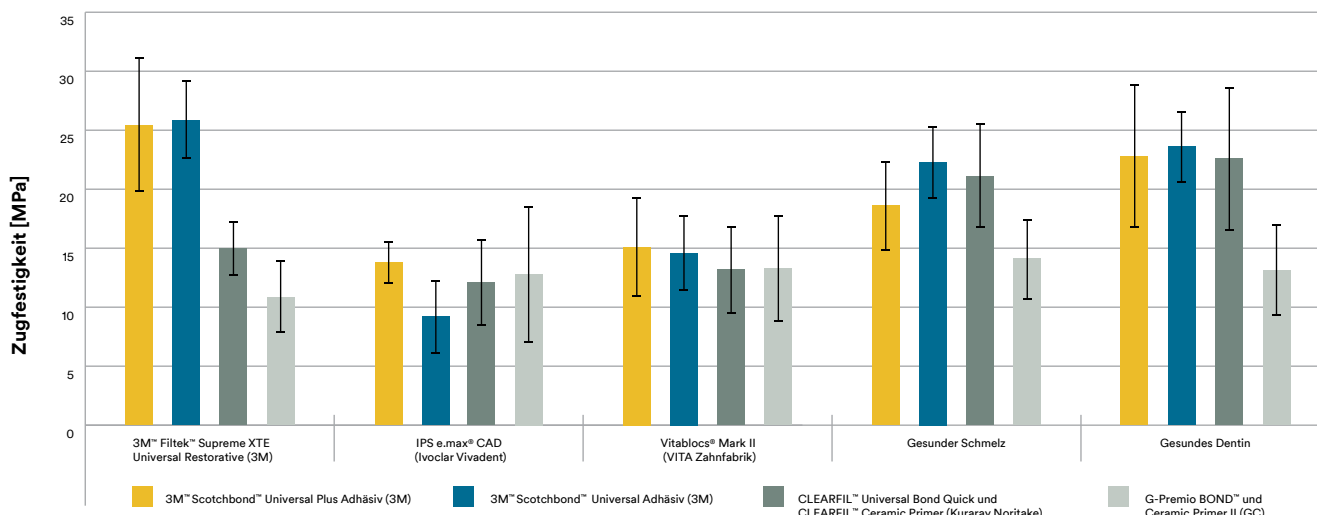


Abb. 20: Zugfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf unterschiedlichen Substraten im Vergleich zu anderen Universaladhäsiven (Bonding characteristic of recent Adhäsiv systems used for repair restoration, M. Maeno, T. Kawai, T. Murata, M. Okada, S. Nagai, Y. Nara, J Dent Res 98 (Spec Iss A): No. 1324, 2019).

### Haftfestigkeit auf Restaurationsmaterialien

Die Oberflächen verschiedener Restaurationsmaterialien wurden mit P400 Schleifpapier beschliffen. Anschließend erfolgte die Applikation des Adhäsivs unter Befolgung der Gebrauchsanweisung des Herstellers. Dann wurde ein Probenkörper aus Komposit an der Oberfläche befestigt und für 40 Sekunden lichtgehärtet. Die Probenkörper wurden in Leitungswasser eingelegt und für 24 Stunden in einem Inkubator bei 37° C gelagert. Anschließend wurde die Scherfestigkeit mit dem in ISO 29022:2013 beschriebenen Verfahren ermittelt.

Bei der Befestigung an zahlreichen Restaurationsmaterialien erzielte 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv konstant eine Scherfestigkeit von mehr als 10 MPa. Allerdings waren die Werte je nach Substrat unterschiedlich hoch. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Scotchbond Universal

Plus Adhäsiv auf zahlreichen Restaurationsmaterialien zuverlässig haftet. (Im Sinne der besseren Vergleichbarkeit wurden alle Probenkörper mit Schleifpapier in ähnlicher Weise beschliffen. Dies entspricht nicht der Gebrauchsanweisung des Herstellers von Lithiumdisilikat, dessen Oberfläche mit Flusssäure zu behandeln ist, und von Zirkoniumoxid, das sandgestrahlt werden sollte).

Eine hohe Haftfestigkeit auf Schmelz, Dentin und Restaurationsmaterialien wurde auch dann erzielt, wenn Scotchbond Universal Plus Adhäsiv in Kombination mit 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit als Adhäsiv am Zahn und als Primer am Restaurationsmaterial zum Einsatz kam (siehe Abschnitt RelyX Universal Befestigungskomposit).

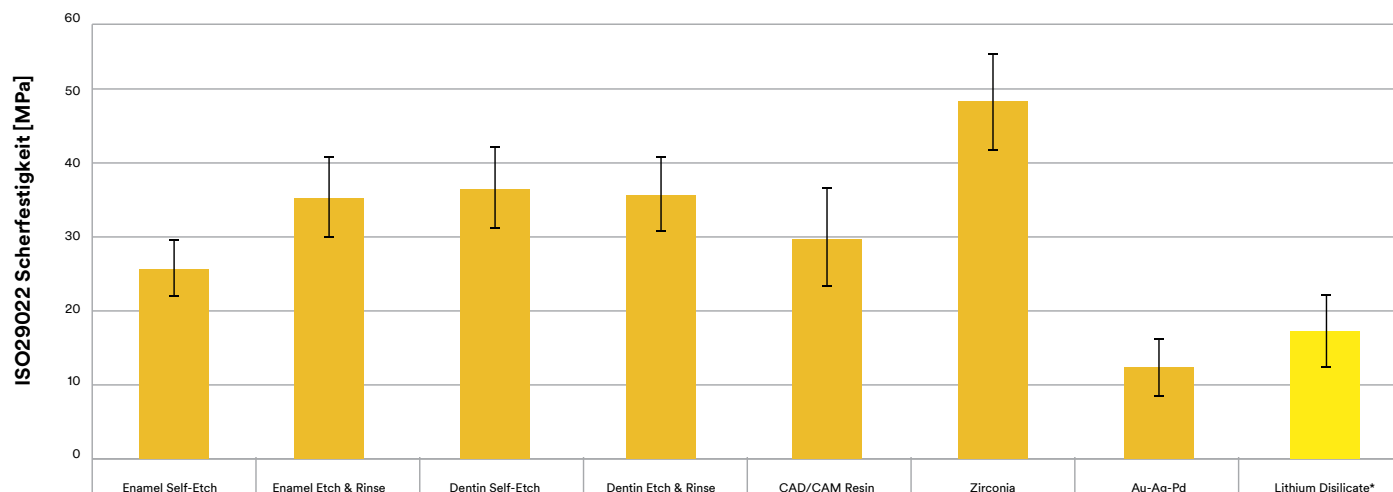


Abb. 21: Haftverhalten von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf unterschiedlichen Restaurationsmaterialien; (\*beschliffene Oberfläche, für Länder, in denen die Anwendung von Flusssäure verboten ist). (Bonding performance of experimental universal adhesives to different substrates, A. Tsujimoto, W.W. Barkmeier, Y. Nagura, Y. Shimatni, T. Takamizawa, M.A. Latta, M. Miyazaki, J Dent Res 98 (Spec Iss A): 1917, 2019).

## Haftung an kariös verändertem Dentin

Mit der Zeit haben sich die Ansichten hinsichtlich der Exkavation von Karies stark verändert. Während sich G. V. Black vor rund 100 Jahren für die „Extension for Prevention“ – eine Erweiterung von Kavitäten als vorbeugende Maßnahme – aussprach, sind heute weniger invasive Techniken gefragt. Die vorherrschende Philosophie im Zeitalter der minimalinvasiven Zahnheilkunde ist die „Prevention of Extension“ – die Vermeidung jeder nicht notwendigen Entfernung von Zahnhartsubstanz (F. J. T. Burke, From Extension for Prevention to Prevention of Extension: Minimal Intervention Dentistry Dent. Update 2003, 30, 492-502).

Minimalinvasive Präparationsrichtlinien empfehlen die Exkavation bis zum kariös veränderten, remineralisierbaren Dentin (verfärbt, aber fest und erhaltungswürdig) in der Mitte der Kavität. In tiefen Kavitäten, in denen das Risiko

einer Eröffnung der Pulpa besteht, sollte im pulpanahen Bereich sogar eine selektive Entfernung des kariös veränderten, weichen Dentins erfolgen (F. Schwendicke, J. E. Frencken, L. Bjorndal, M. Maltz, D. J. Manton, D. Ricketts, K. Van Landuyt, A. Banerjee, G. Campus, S. Doméjean, M. Fontana, S. Leal, E. Lo, V. Machiulskiene, A. Schulte, C. Splieth, A. F. Zandona, N. P. T. Innes: Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal, Adv Dent Res 2016, 28, 58-67; A Banerjee: Minimal intervention dentistry: part 7. Minimally invasive operative caries management: rationale and techniques, Brit Dent J 2013, 214, 108-111).

Diese Vorgehensweise ist zu bevorzugen, da die komplette Entfernung der Bakterien durch die Exkavation weder möglich noch erforderlich ist. Stattdessen sollte eine Versiegelung der verbleibenden Bakterien erfolgen.



Abb. 22: Querschnitt einer kariösen Läsion (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Prof. L. Hilgert und Prof. S. Leal, University of Brasilia, Brazil)

Werden diese von der Nährstoffversorgung abgeschnitten, lässt sich ein Fortschreiten der Karies verhindern (z. B. EAM Kidd: Clinical Threshold for Carious Tissue Removal, Dent Clin N Am 2010, 54, 541-549).

Die Haftfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf kariös verändertem, remineralisierbarem Dentin wurde im Rahmen einer Studie ermittelt. In dieser wurden kariöse humane Molaren mit einem Polymer-Bohrer präpariert, um das remineralisierbare

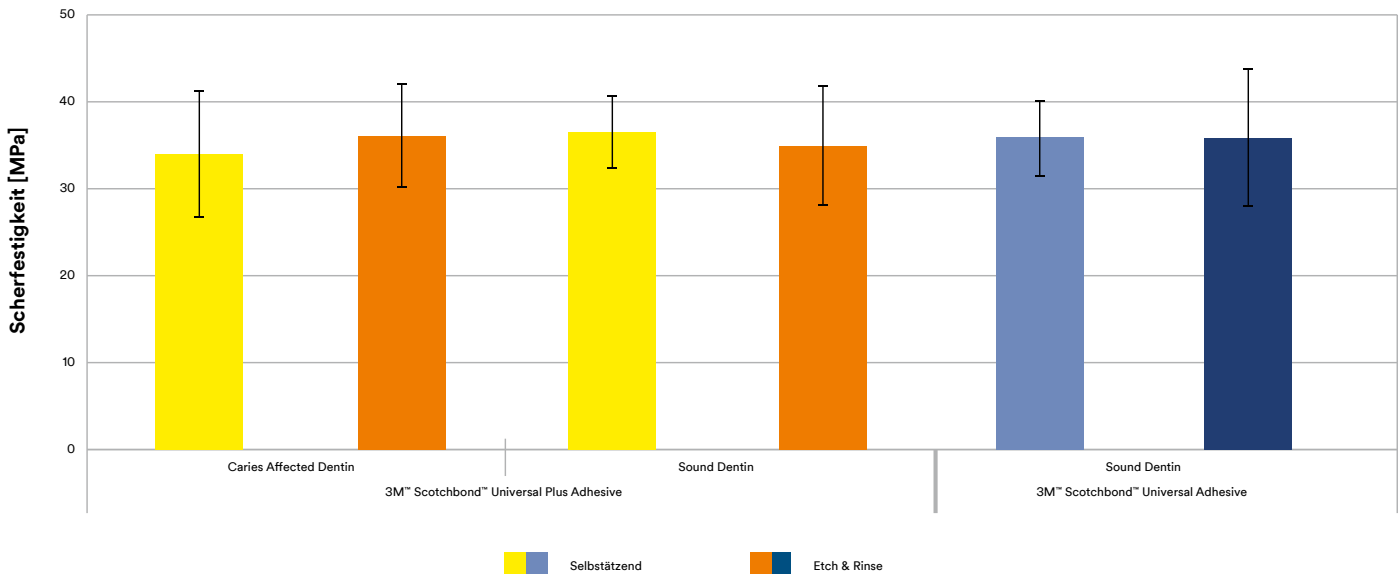


Abb. 23: Haftfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf kariös verändertem, remineralisierbarem Dentin (interne Daten von 3M: Interaction of an experimental universal adhesive with caries-affected dentin, C. Thalacker, H. Loll, B. Anich, K. Dede, J. Madden, A.S. Abuelyaman, B. Craig, J Dent Res 99 (Spec Iss A): No. 191, 2020)

Dentin freizulegen. Anschließend wurde die Scherfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv – angewendet im selbstätzenden sowie im Etch-&-Rinse-Modus sowohl auf kariös verändertem als auch auf gesundem Dentin – mit dem in ISO 29022:2013 beschriebenen Verfahren gemessen. 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv, appliziert auf gesundem Dentin, diente als Kontrollgruppe.

In beiden Ätzmodi erzielte 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv ähnlich hohe Scherfestigkeiten auf kariös verändertem Dentin und gesundem Dentin wie die

Kontrollgruppe (3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv auf gesundem Dentin).

Die Bildung einer Hybridschicht auf kariös verändertem, remineralisierbarem Dentin wurde mittels Rasterelektronenmikroskope (REM) untersucht.

Scotchbond Universal Plus Adhäsiv bildet eine klar definierte, randdichte und blasenfreie Hybridschicht auf kariös verändertem, remineralisierbarem Dentin. Damit versiegelt es kariös verändertes Dentin und schützt es vor weiteren Schäden. Dadurch ist es ideal geeignet für den Einsatz in der minimalinvasiven Zahnheilkunde.

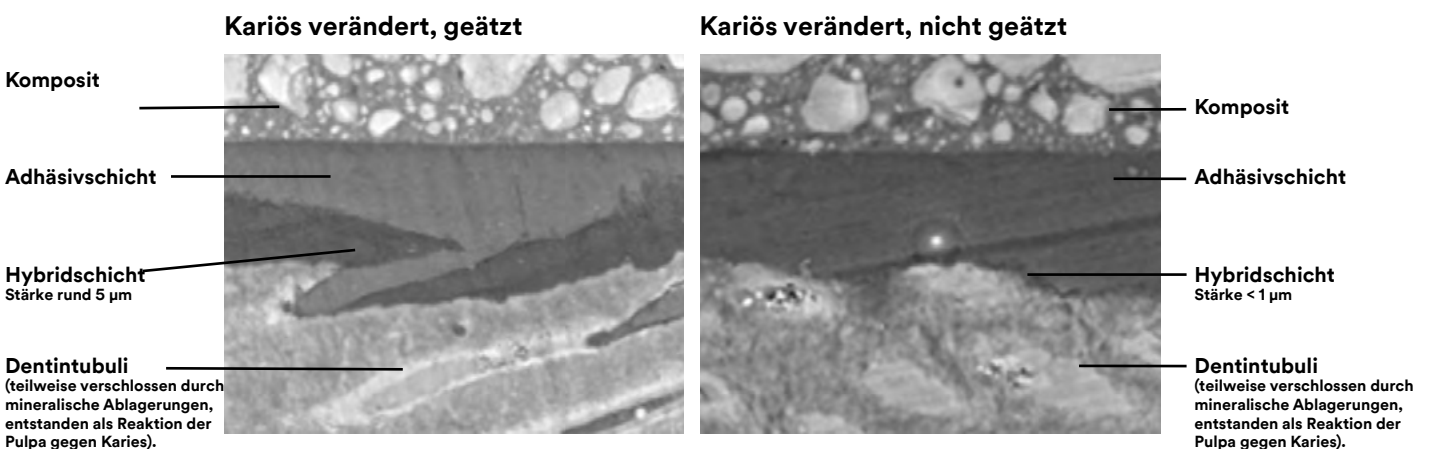


Abb. 24: Bildung einer Hybridschicht nach Applikation von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv auf geätztem und ungeätztem, kariös verändertem Dentin (interne Daten von 3M: Interaction of an experimental universal adhesive with caries-affected dentin, C. Thalacker, H. Loll, B. Anich, K. Dede, J. Madden, A.S. Abuelyaman, B. Craig, J Dent Res 99 (Spec Iss A): No. 191, 2020)

## Röntgenopazität

Der Mehrheit der Zahnärzte wird täglich im Durchschnitt mindestens eine nicht klar interpretierbare Röntgenaufnahme mit einem radioluzenten Bereich unter einer bestehenden Restauration vorgelegt. Es kann schwierig zu bestimmen sein, ob die Radioluzenz durch Karies, einen Randspalt oder Luft einschüsse oder durch eine dicke Schicht eines nicht röntgenopaken Adhäsivs (Pooling) verursacht wurde. Das Risiko einer Fehldiagnose sowie einer Überbehandlung ist demnach durch dicke Schichten eines Adhäsivs mit fehlender Röntgenopazität unter Restaurationen erhöht (The Thickness of the Adhesive Layer Increases the Misdiagnosing of the Radiolucent Zones and Restoration Replacement Indication. T. T. Fröhlich et al. J Esthet Restor Dent 29:193 200, 2017).

3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv enthält einen neuen, selbstvernetzenden Kunststoff, der frei ist von Bis-GMA und dem Adhäsiv eine dentinähnliche Röntgenopazität verleiht. Das reduziert das Risiko von Fehldiagnosen und Überbehandlung.

Scotchbond Universal Plus Adhäsiv erzielt seine dentinähnliche Röntgenopazität unter Beibehaltung einer geringen Viskosität und ohne die Notwendigkeit, die Flasche vor der Anwendung zu schütteln. Traditionell wurde Dentalmaterialien durch Beigabe anorganischer Füllkörper die Eigenschaft der Röntgenopazität verliehen. Allerdings führt das Hinzufügen der für eine hohe Röntgenopazität erforderlichen Menge an Füllkörpern zu einer pastösen Konsistenz, die der von fließfähigen Kompositen ähnlich ist, sowie zu für ein Adhäsiv unerwünschten Anwendungseigenschaften. Zudem müssen die Flaschen solcher Adhäsive vor jedem Gebrauch geschüttelt werden, da sich die röntgenopaken Füllkörper in der Flüssigkeit absetzen.

Um die Röntgenopazität verschiedener Adhäsive zu untersuchen, wurde zunächst eine Evaporation der in der Adhäsivformulierung enthaltenen Lösungsmittel provoziert. Anschließend wurde das verbleibende Adhäsiv in einen Millimeter dicken Scheiben ausgehärtet. Die Röntgenopazität wurden mit dem in ISO 13116:2014 beschriebenen Verfahren ermittelt.

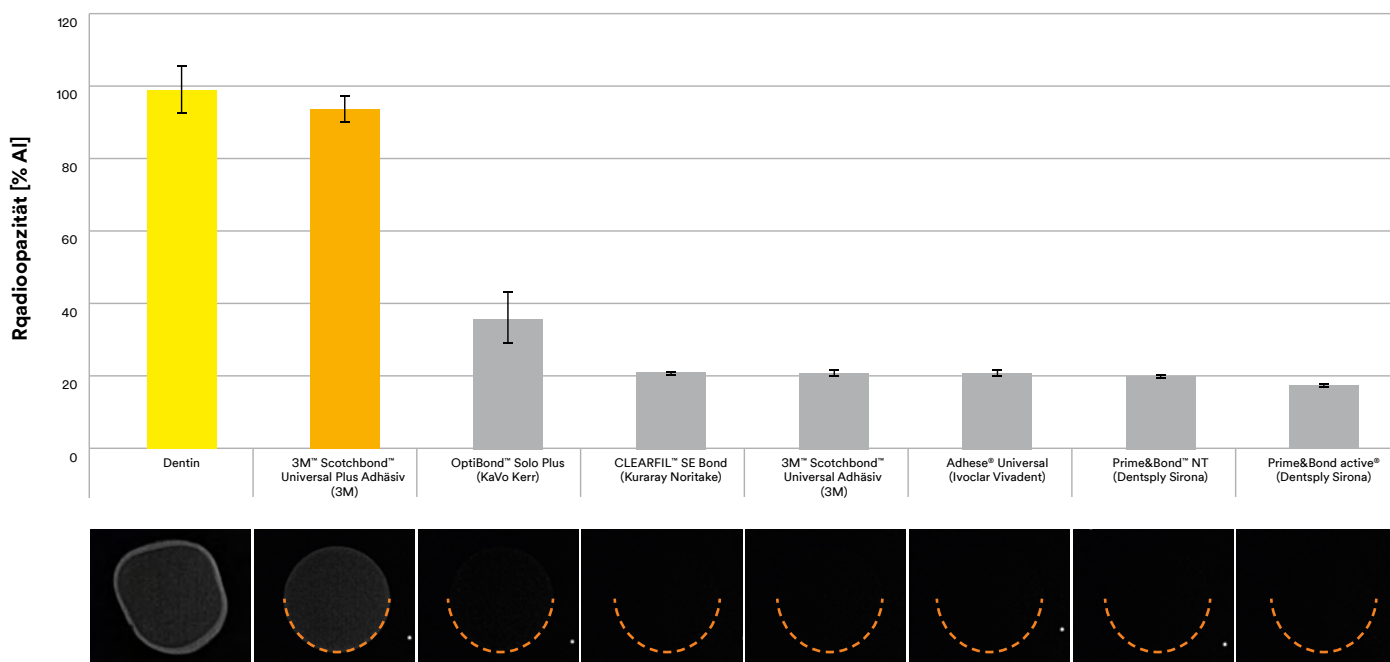


Abb. 25: Röntgenaufnahmen von 1 mm dicken Proben aus mittelkoronalem Dentin (umgeben von einer dünnen Schmelzschicht) und Adhäsiv zur Darstellung der Röntgenopazität (ISO 13116:2014, % AI) (interne Daten von 3M: Radiopacity of an experimental universal adhesive, H. Loll, O. Brinkmann, B. Anich, K. Dede, B. Craig, A.S. Abuelyaman, C. Thalacker, J Dent Res 99 (Spec Iss A): No. 757, 2020)



3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv hat eine dentinähnliche Röntgenopazität. Dadurch wird das Risiko von Fehldiagnosen durch radioluzente Bereiche unter Restaurationen im Fall von Pooling (Pfützenbildung des Adhäsivs) minimiert, die für Sekundärkaries, undichte Ränder oder Lufteinschlüsse gehalten werden.

Um die klinische Relevanz der Röntgenopazität zu untersuchen, wurden Klasse-I-Kavitäten in extrahierte humane

Molaren präpariert. Danach wurden unterschiedliche Adhäsive mit einem vollständig getränkten Einmal-Applikator auf die Oberfläche aufgetragen und vorsichtig mit Luft verblasen, um eine dicke Adhäsivschicht (Pooling) am Kavitätenboden hervorzurufen. Die Kavitäten wurden anschließend mit Komposit restauriert. Röntgenaufnahmen wurden angefertigt und auf radioluzente Bereiche unter den Füllungen untersucht.

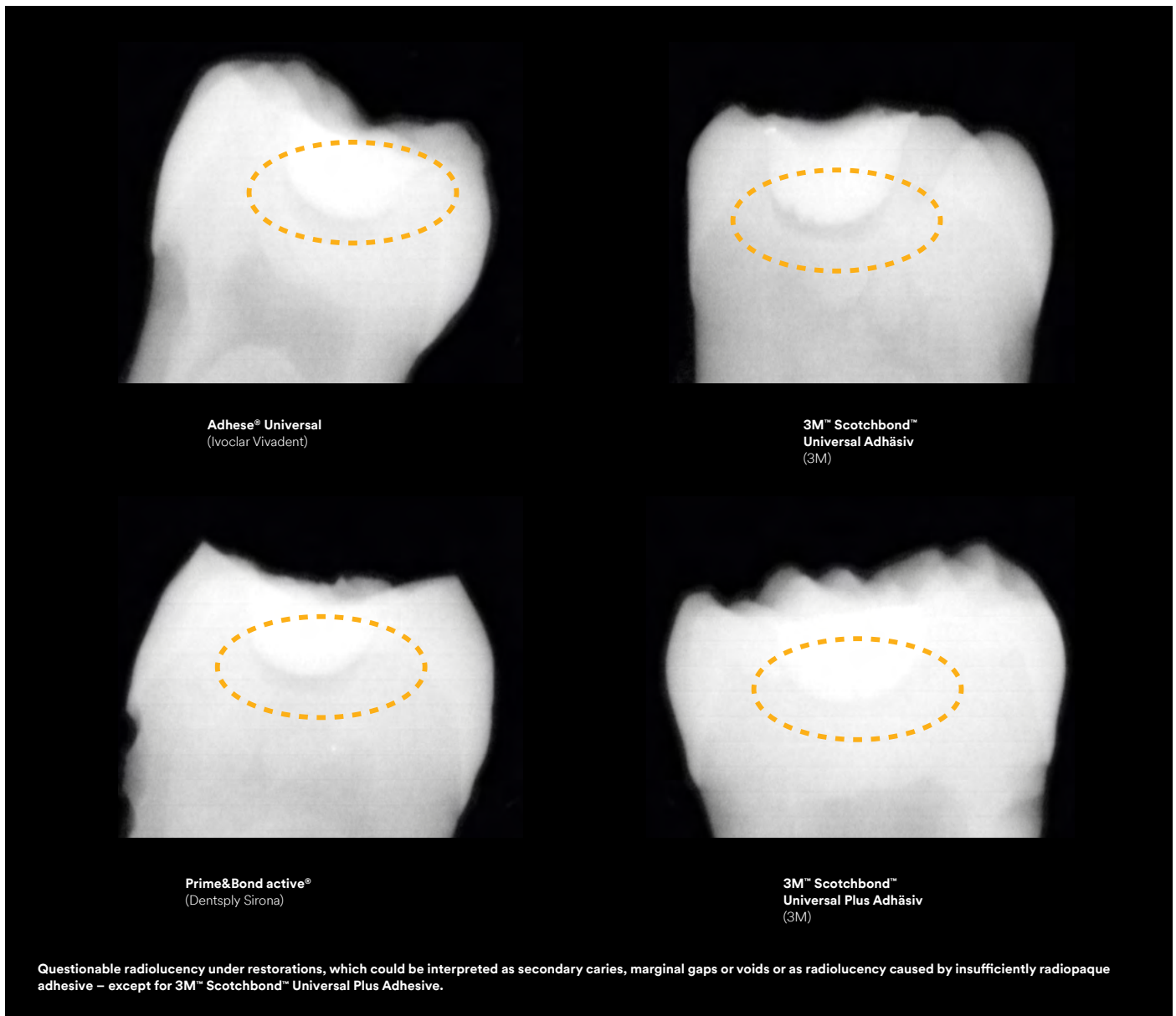


Abb. 26: Pooling des Adhäsivs (Pfützenbildung) – Röntgenaufnahmen von Klasse-I-Restaurationen in humanen Molaren, Füllungsmaterial 3M™ Filtek™ One Bulk Fill Komposit (interne Daten von 3M: Radiopacity of an experimental universal adhesive, H. Loll, O. Brinkmann, B. Anich, K. Dede, B. Craig, A.S. Abuelyaman, C. Thalacker, J Dent Res 99 (Spec Iss A): No. 757, 2020)

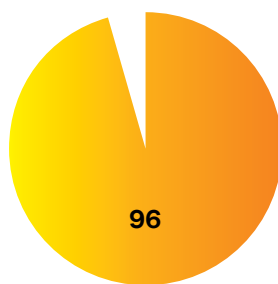
## 6. Anwender-Feedback

Es wurde ein klinischer Anwendungstest mit 309 Zahnärzten aus zehn verschiedenen Ländern (WE = Dänemark, Deutschland, Frankreich, Vereinigtes Königreich, Österreich, Polen, Schweiz, Spanien; USA = Vereinigte Staaten von Amerika) durchgeführt. Während eines Zeitraumes von sechs bis zwölf Wochen setzten die Zahnärzte das neue Adhäsiv so häufig wie möglich ein.

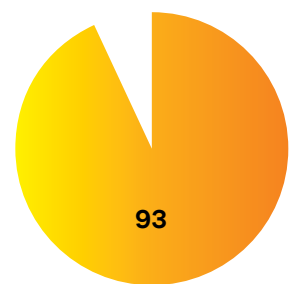
Hinsichtlich der Indikationen gab es keine Einschränkungen, die Anwendung erfolgte gemäß den Angaben in der Gebrauchsanweisung. Insgesamt kam das neue Adhäsiv für mehr als 20.000 Restaurationen zu Einsatz. Nach dem Anwendungszeitraum wurden die Teilnehmer gebeten, verschiedene Eigenschaften des Neuprodukts durch Ausfüllen eines Online-Fragebogens zu bewerten.

### Zufriedenheit – Gesamtperformance

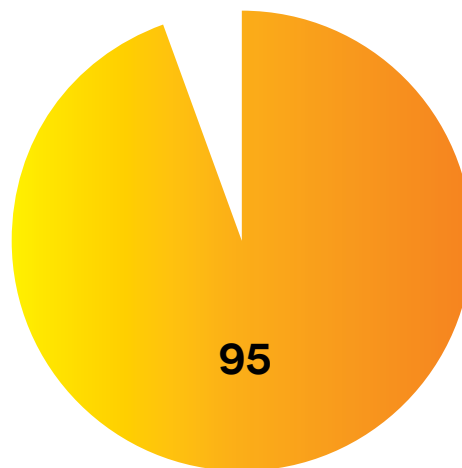
- 94.5% aller Testanwender waren zufrieden oder sehr zufrieden
- 99% der Anwender, die bislang den Vorgänger 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv (SBU) verwendet hatten, und 91% der Nichtanwender von SBU waren zufrieden oder sehr zufrieden



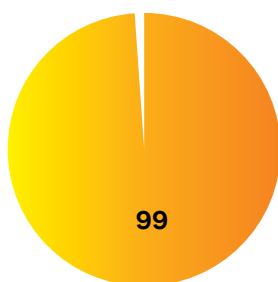
WE



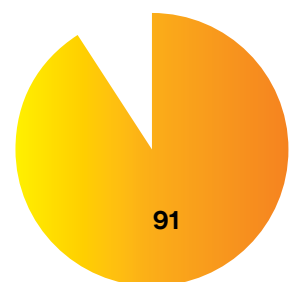
USA



Alle



SBU-Anwender



SBU-Nichtanwender

Abb. 27: Beurteilung der Zufriedenheit mit der Gesamtperformance von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv nach dem klinischen Anwendungstest, unterteilt in fünf Gruppen.

# Handling

Nahezu alle Anwendungseigenschaften von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv erhielten von mehr als 80 % der Zahnärzte die Bewertung zufrieden oder sehr zufrieden.

Besonders gut schnitt das Produkt hinsichtlich der Benetzbarkeit der Zahnoberflächen, allgemeinen Handhabung und Homogenität des Adhäsivfilms ab.

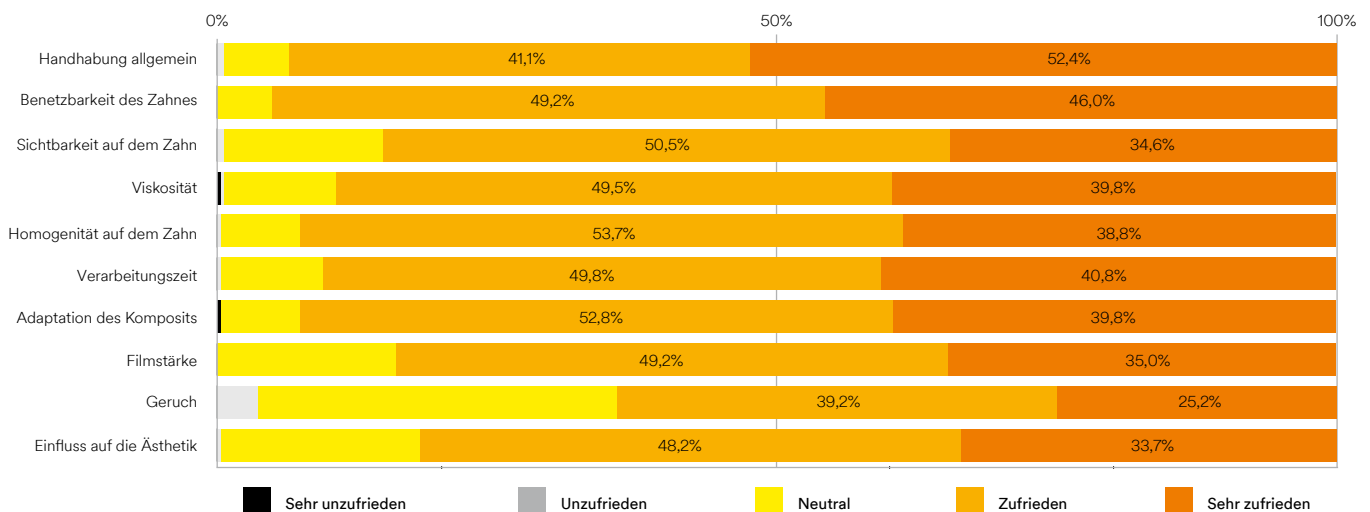


Abb. 28: Beurteilung der Anwendungseigenschaften von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv in einem ersten Anwendungstest.

# Vergleich mit dem bisher bevorzugten Adhäsiv

Als sie gebeten wurden, Scotchbond Universal Plus Adhäsiv mit ihrem bisher bevorzugten Adhäsiv zu vergleichen, bewerteten mehr als 95 % der Zahnärzte das

Neuprodukt mindestens gleich gut. Fast 60 % gaben Scotchbond Universal Plus Adhäsiv sogar den Vorzug, indem sie es besser oder viel besser bewerteten.

## Wie gut gefällt Ihnen Scotchbond Universal Plus Adhäsiv im Vergleich zu Ihrem bisher bevorzugten Adhäsiv?

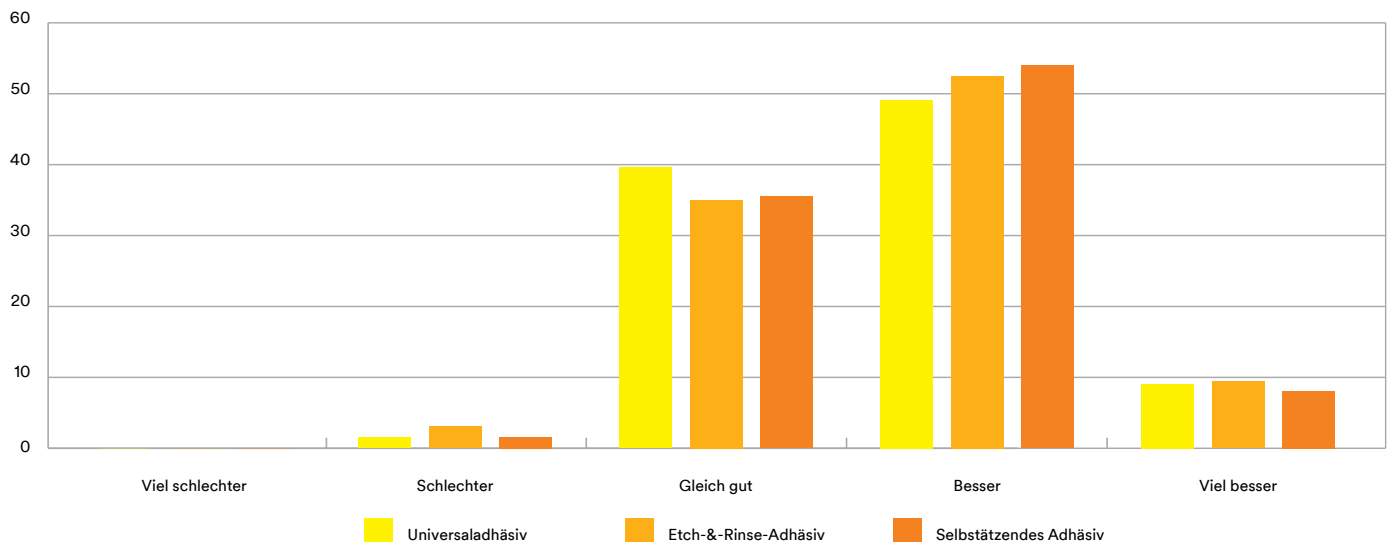


Abb. 29: Bewertung von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv im Vergleich zu dem bisher bevorzugten Adhäsiv.

## Postoperative Sensitivitäten

Die Frage nach der Häufigkeit des Auftretens postoperativer Sensitivitäten bei Anwendung von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv im Vergleich zum bisher bevorzugten Adhäsiv beantworteten 99 % der 309 Zahnärzte mit „Vergleichbar“ bis „Viel besser“. Selbst 99 % der Anwender von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv berichteten von einer vergleichbar geringen oder noch geringeren Anzahl postoperativer Sensitivitäten mit dem Neuprodukt.

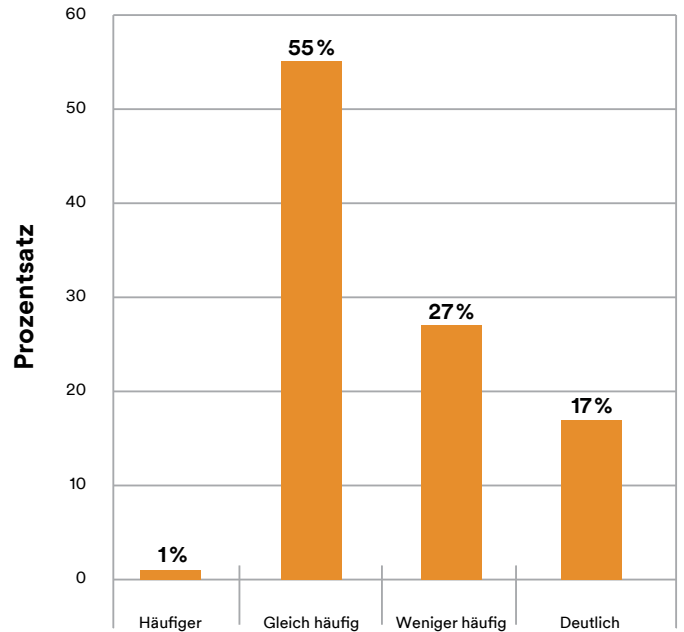


Abb. 30: Häufigkeit des Auftretens postoperativer Sensitivitäten bei Anwendung von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv im Vergleich zum bisher bevorzugten Adhäsiv (3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv)

## Ausgewählte Kommentare von Anwendern

“

Einfach, zuverlässig, Ein-Flaschen-System, Goldstandard, versiegelt, für alle Oberflächen und Materialien”

“

3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv eignet sich sehr gut für die Reparatur von Komposit-Restorationen. Es lässt sich zudem sehr einfach auf Milchzähnen anwenden”

“

Das Produkt lässt sich einfach in unser Produktportfolio integrieren und liefert vorhersagbare Ergebnisse. Durch die Einfachheit der Anwendung und das breite Indikationsspektrum wird dieses Produkt zum Adhäsivsystem der Wahl”

“

Was ich an 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv besonders mag, ist die Tatsache, dass ich nichts verändern muss. [...] Scotchbond Universal Plus Adhäsiv ist das Universaladhäsiv für wirklich alle Fälle”

“

Ich mag es, da es klinisch überzeugt (bei keinem Patienten traten postoperative Sensitivitäten auf) und mit allen Arten von Komposit kompatibel ist. Sehr nützlich ist die Sichtbarkeit des Adhäsivs nach der Behandlung aufgrund seiner Röntgenopazität. Dies ist eine sinnvolle Eigenschaft zur Differenzierung von (Sekundär-)Karies.”

# 7. 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit

Während 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv mit allen dual- und selbsthärtenden Komposit-Materialien wie Befestigungskompositen und Stumpfaufbaumaterialien kompatibel ist, entfaltet es bei kombinierter Anwendung mit 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit sein volles Potenzial. Es handelt sich um ein zeitgleich entwickeltes, optimiertes, vollständig aufeinander abgestimmtes System aus nur zwei Komponenten, das eine hohe Haftfestigkeit in allen Aushärtungsmodi bietet – unabhängig von der gewählten Ätztechnik. Bei kombinierter Anwendung mit RelyX Universal Befestigungskomposit ist eine Lichthärtung von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv vor der Zementanwendung nicht erforderlich.

RelyX Universal Befestigungskomposit ist ein wirklich universelles Befestigungsmaterial, da es sowohl im selbstadhäsiven als auch im adhäsiven Modus (in diesem Fall mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv) funktioniert. Es bietet neben einer hohen Haftfestigkeit in allen Anwendungs- und Aushärtungs-Modi die Vorteile einer angenehmen Handhabung und einfachen Überschussentfernung. Zudem kommen Anwender von RelyX Universal Befestigungskomposit in den Genuss einer neu entwickelten Automix-Spritze mit verbesserten ergonomischen Eigenschaften und einem minimierten Materialverwurf.

In einer Untersuchung wurde die Scherfestigkeit verschiedener Systeme an ungeätzttem Schmelz und Dentin ermittelt. Zum Einsatz kamen RelyX Universal Befestigungskomposit mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv als Primer für die Zahnhartsubstanz, Multilink® (Ivoclar Vivadent) mit dem dazugehörigen Primer A + B sowie Variolink® Esthetic (Ivoclar Vivadent) mit Adhese® Universal (Ivoclar Vivadent). Alle Befestigungskomposite wurden lichtgehärtet; bei Scotchbond Universal Plus Adhäsiv und der Mischung aus Primer A+B wurde auf die Lichthärtung verzichtet, während Adhese Universal gemäß Gebrauchsanweisung vor der Anwendung des Zements lichtgehärtet wurde.

RelyX Universal Befestigungskomposit zeigte eine vergleichbare Scherfestigkeit wie die Kontrollgruppen, obwohl weniger Anwendungsschritte und / oder Komponenten erforderlich waren.

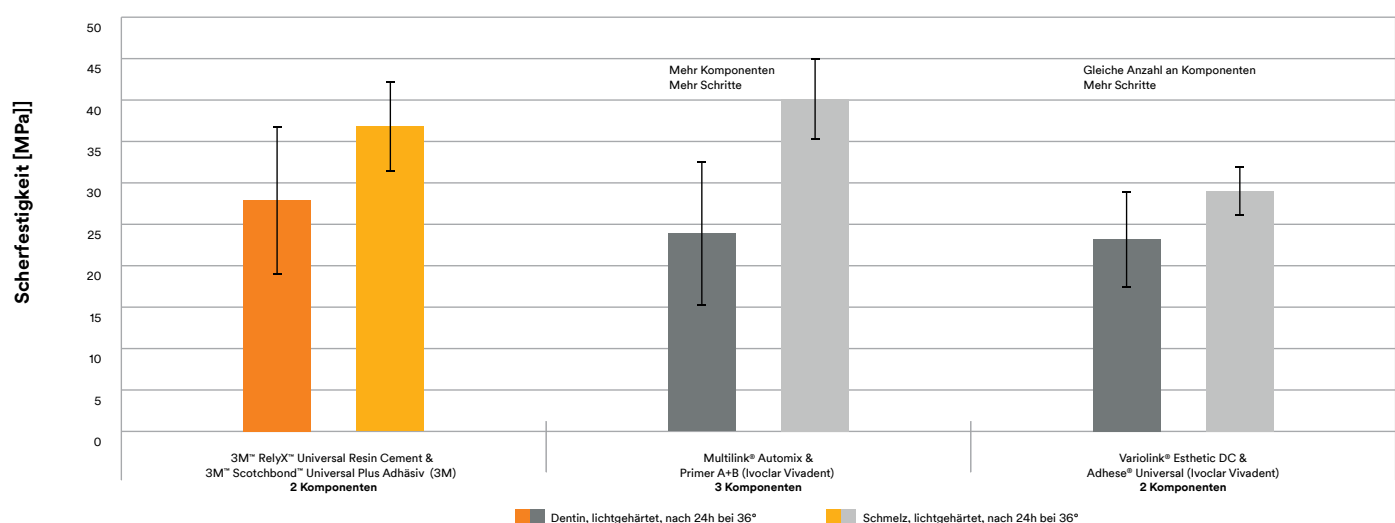


Abb. 31: Scherfestigkeit von 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv in Kombination mit 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit im Vergleich zu unterschiedlichen Befestigungskompositen (interne Daten von 3M, adaptiert aus Shear bond strength and ease of use of adhesive resin cements, K. Claussen, M. Ludsteck, S. Hader, R. Hecht, J Dent Res 99 (Spec Iss A): No. 2785, 2020)

In einer Studie des US-amerikanischen Dental Advisor wurde die Scherfestigkeit von 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit bei Anwendung im selbstadhäsiven und adhäsiven Modus ermittelt und mit den Werten verglichen, die Produkte anderer Hersteller erzielten.

Die im selbstadhäsiven Modus erzielten Haftfestigkeiten des 3M Produktes sind die höchsten unter allen mit dieser Methode getesteten selbstadhäsiven Materialien. Die adhäsive Haftfestigkeit an Dentin und Schmelz war ausgezeichnet. Besonders hervorzuheben ist die Haftfestigkeit an Zirkoniumoxid: Hier erzielte die Produktkombination höhere Werte als alle anderen getesteten Materialien.

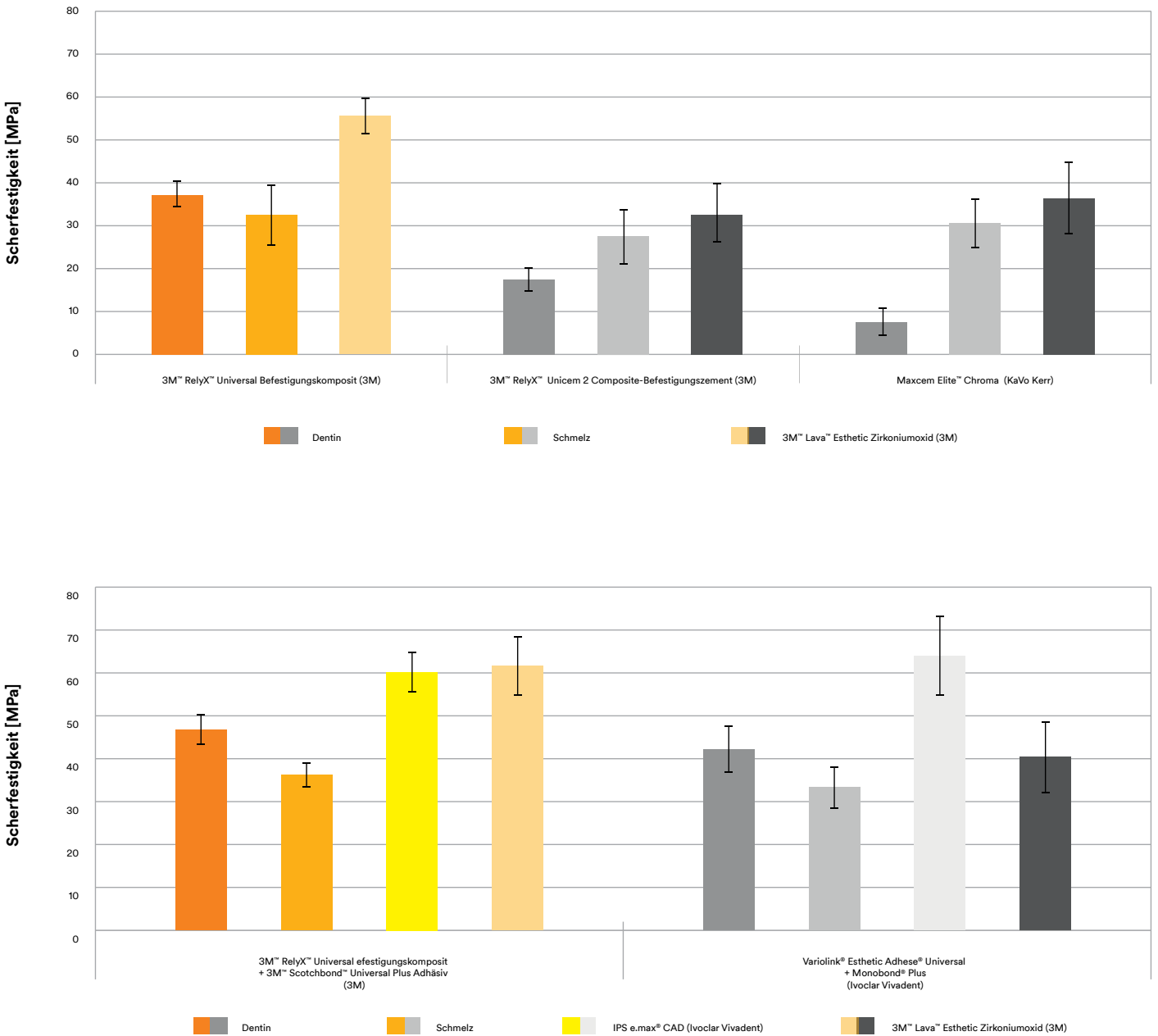


Abb. 32: Scherfestigkeit von 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit mit / ohne 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv im Vergleich zu anderen adhäsiven oder selbstadhäsiven Befestigungskompositen (Berichterstattung an 3M, 2020)

# 8. Klinisches Fallbeispiel

In diesem Fall wurden die Zähne 11 und 21 mit 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv und 3M™ Filtek™ Universal Restorative neu versorgt.



Ausgangssituation.



Situation nach Isolation des Arbeitsfeldes mit Kofferdam.



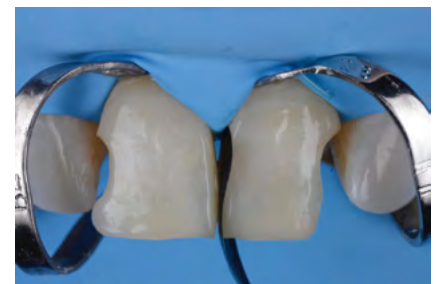
Selektive Schmelzätzung – 15 Sekunden nach Applikation des Ätzgels folgte das gründliche Spülen mit Wasser sowie ein vorsichtiges Trocknen des Schmelzes.



Applikation des Adhäsivs auf die geätzten Oberflächen. Es ist für 20 Sekunden einzumassieren und für 5 Sekunden mit einem sanften Luftstrom zu trocknen.



Lichthärten für 10 Sekunden.



Adhäsivschicht nach der Lichthärtung.



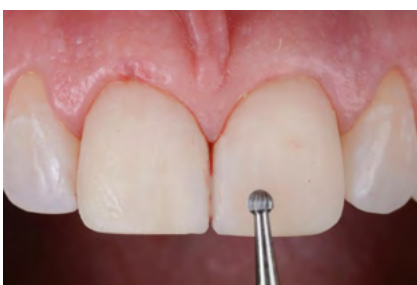
Schneidezähne nach Applikation der ersten Schicht 3M™ Filtek™ Universal Restorative in der Farbe A2 jeweils im mesialen Bereich.



Applikation einer weiteren Schicht Komposit-Füllungsmaterial.



Ausarbeitung der Restaurationen mit einer 3M™ Sof-Lex™ Ausarbeitungs- und Polierscheibe grober bis mittlerer Körnung.



Einsatz eines runden Diamantinstrumentes für die Formgebung.



Politur mit einem feinkörnigen Gummipolierrad des 3M™ Sof-Lex™ Polierrädersets. Die Hochglanzpolitur erfolgte mit dem ultrafeinen pinken Rad des Sets.



Fertige Restaurationen.

Abb. 33: Optimierung der Ästhetik und Struktur durch additive Zahnheilkunde (Fall von Dr. Jordi Manauta, Style Italiano)

# 9. Frequently Asked Questions

## Anwendung und Eigenschaften

Wie wird 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv angewendet und wie lange wird lichtgehärtet?



Fig. 34: Schematic illustration of application of 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhesive

### Inwiefern unterscheidet sich die Viskosität von der des Vorgängers?

- 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv hat eine etwas geringere Viskosität als 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv. Allerdings fiel dieser Unterschied den wenigsten der 120 Teilnehmer eines in Europa und den USA durchgeführten, achtwöchigen Anwendungstests auf.

### Verschwindet die gelbliche Färbung des Adhäsivs nach der Aushärtung komplett?

- Ja, der Photoinitiator Campherchinon ist für die gelbliche Färbung verantwortlich. Sie sorgt für eine gute Sichtbarkeit während der Applikation. Nach der Trocknung und Lichthärtung verschwindet die gelbe Färbung vollständig und endgültig.

### Warum ist es erforderlich, Scotchbond Universal Plus Adhäsiv für 20 Sekunden in die Oberfläche einzumassieren?

- Das 20-sekündige Einreiben dient der Erzielung der optimalen Leistungsfähigkeit. Die aktive Applikation oder auch das Einreiben führt wissenschaftlichen Untersuchungen zufolge bei mehreren Universaladhäsiven zu einer höheren Haftfestigkeit. (Quelle: P. Saikaw et al.: Does shortened application

time affect long-term bond strength of universal adhesives to dentin? Oper Dent. 2018 43, 549-558).

- Da funktionelle Monomere wie MDP Zeit benötigen, um mit dem Zahn zu reagieren, kann eine verkürzte Applikationszeit zu einer geringeren Haftung führen. (Quelle: AD Loguercio et al.: Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? J Dent 2015, 43, 1060-1070).

### Welche Eigenschaften tragen dazu bei, dass bei Anwendung der Total-Etch-Technik nahezu keine postoperativen Sensitivitäten auftreten?

- Wie sein Vorgänger bietet Scotchbond Universal Plus Adhäsiv eine hohe Feuchtigkeitstoleranz (hohe Haftfestigkeit bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsbedingungen). Es wird eine durchgehende, klar definierte Hybridschicht ohne Spalte und Luftschlüsse gebildet. Dies bedeutet, dass das Dentin gut versiegelt wird und offene Dentintubuli verschlossen werden. Das patentierte 3M™ Vitrebond™ Copolymer trägt nachweislich zu einer hohen Haftfestigkeit selbst auf trockenem, geätztem Dentin bei. (Quelle: Interne Daten von 3M: C Thalacker, R Guggenberger, A Syrek, H Loll, D Krueger: Influence of 3M™ Vitrebond™ Copolymer on bonding to dry etched dentin, IADR 2010, #2937).



### Ist das Produkt für die Reparatur von Verblend- bzw. Glaskeramik geeignet?

- Ja, es haftet an allen Oberflächen des Zahnes und Restaurationsmaterialien ohne zusätzlichen Primer.

### Funktioniert das Produkt sowohl im Total-Etch- als auch im Self-Etch-Verfahren?

- Wie sein Vorgänger wurde Scotchbond Universal Plus Adhäsiv als Universaladhäsiv entwickelt. Die Haftfestigkeit auf geätzten wie nicht geätzten Schmelz- und Dentinoberflächen wurde optimiert.

### Kann ich das Adhäsiv im selbstätzenden Modus verwenden, um ein Veneer zu befestigen?

- Möglich ist das. Da Veneers jedoch vornehmlich an Schmelz befestigt werden und hohen Kräften ausgesetzt sein können, wenn der Patient z. B. in harte Nahrung beißt, wird ein separater Ätzschritt empfohlen. Damit lässt sich die Haftung an Schmelz optimieren. Zudem wird durch das Ätzen des Schmelzes die Wahrscheinlichkeit reduziert, dass Randverfärbungen auftreten. (Quelle: T. Burke et al.: What's New in Dentine Bonding? Universal Adhesives, Dent. Update. 2017, 328-337)

### Muss ich 3M™ Scotchbond™ Universal Ätzgel in Kombination mit diesem Adhäsiv verwenden?

- Nein. Es ist mit jedem gängigen Phosphorsäure-Ätzgel (rund 30-40 % Phosphorsäure) kompatibel.

### Warum eignet sich das Produkt zur Anwendung auf ungeschliffenem Schmelz ohne separaten Ätzschritt, sofern es mit einem Versiegelungsmaterial verwendet wird, nicht aber für die Befestigung direkter und indirekter Restaurationen?

- Die für die Versiegelung von Zähnen erforderliche Haftfestigkeit ist nicht so hoch wie die für Komposit-Füllungen erforderlichen Werte. Dies liegt daran, dass das Versiegelungsmaterial in Fissuren zur Anwendung kommt, in denen es keinerlei Kaukräften ausgesetzt ist (sollte sich Versiegelungsmaterial auf der Okklusalfäche befinden, wird dieses rasch durch Abrasion entfernt). Füllungen sind hingegen häufig Kaukräften ausgesetzt. Darum ist es sinnvoll, die Haftfestigkeit durch Ätzen zu maximieren, sofern ein Teil der Füllung in ungeschliffenem Schmelz liegt.

### Haftet das Adhäsiv an Amalgam?

- Die Haftfestigkeit von Amalgam an polymerisierten methacrylatbasierten Formulierungen ist sehr gering.

Darum erfordern Amalgam-Versorgungen weiterhin Kavitäten mit retentivem Design – unabhängig davon, ob die Kavität zuvor mit einem Adhäsiv behandelt wurde oder nicht. 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv ist nicht für die Befestigung von Amalgam-Versorgungen geeignet. Allerdings eignet sich das Produkt für die Versiegelung der Kavität vor der Versorgung mit Amalgam, um der Entstehung postoperativer Sensitivitäten vorzubeugen. An gehärtetem Amalgam ist die Haftfestigkeit von Scotchbond Universal Plus Adhäsiv hoch (z. B. als Teil einer Aufbaurestauration).

## Applikationssystem

### Welche Neuerungen gibt es hinsichtlich der Flasche als Applikationssystem für 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv?

- Optimierte Flasche mit glatten Oberflächen und abgerundeten Kanten
- Originalitätsverschluss für zusätzliche Sicherheit
- Reduziert die Umweltbelastung um 18 Prozent im Vergleich zu 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv aufgrund von:
  - Verzicht auf Gummidichtring in Verschlusskappe
  - Wegfall einer separaten Flasche mit Dunkelhärtungsaktivator zur Initiierung der Selbsthärtung
  - Weniger Plastik benötigt als in Vorgänger-Flasche
- Zusätzlich erhältlich in Single-Use-System (L-Pop) für effizientes Hygienemanagement

### Für wie viele Anwendungen reicht eine Flasche / ein L-Pop aus?

- Flasche: 5 ml Adhäsiv – rund 200 Tropfen
- Single-Use-System (L-Pop): 0,11 ml Adhäsiv – rund 0,12 g

### Ist es notwendig, die Flasche mit Scotchbond Universal Plus Adhäsiv vor der Anwendung zu schütteln?

- Das Schütteln der Flasche ist nicht erforderlich. Die Röntgenopazität in Scotchbond Universal Plus Adhäsiv wird mithilfe eines neuen, röntgenopaken Kunststoffes erzielt und nicht mit konventionellen röntgenopaken Füllkörpern, die sich in der Lösung absetzen könnten.

## Lagerung

### Wie ist die Flasche zwischen den Einsätzen zu lagern?

- Direkt nach der Anwendung sowie zwischen den Einsätzen sollte der Deckel der Flasche geschlossen werden, um das Risiko einer Kreuzkontamination zu eliminieren und die Haltbarkeit des Materials zu erhalten.

### Wie lange ist das Produkt haltbar und wie ist es zu lagern?

- Die Haltbarkeit beträgt 36 Monate bei Lagerung im Temperaturbereich zwischen 2 und 25 °C.
  - Nach Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatum ist das Produkt nicht mehr zu verwenden.
  - Der Deckel der Flasche ist nach jeder Anwendung zu schließen.

### Ist das Produkt während der Lagerung zu kühlen?

- Eine Kühlung ist nicht erforderlich, sofern die Raumtemperatur 25 °C nicht überschreitet.

### Ist das Produkt lagerstabil und bleiben alle Inhaltsstoffe dank des pH-Wertes der Lösung reaktiv?

- Ja, Scotchbond Universal Plus Adhäsiv kann 36 Monate bei Raumtemperatur gelagert werden.

### Ist das in Scotchbond Universal Plus Adhäsiv enthaltene Silan stabil?

- Ja, Scotchbond Universal Plus Adhäsiv enthält eine optimierte, geschützte Kombination von Silanen, die eine hohe Haftfestigkeit an allen Dentalmaterialien inklusive Glaskeramik sicherstellen. Dies gilt für die gesamte Lebensdauer des Produktes.

## Anwendung zur Befestigung indirekter Restaurationen

### Kann ich Scotchbond Universal Plus Adhäsiv in Kombination mit meinem bevorzugten Komposit oder Zement (von einem anderen Hersteller) einsetzen?

- Ja, das Produkt ist mit licht-, dual- und selbsthärtenden Komposit-Füllungsmaterialien und Zementen und Stumpfaufbaumaterialien kompatibel.

### Wenn Scotchbond Universal Plus Adhäsiv in Kombination mit einem anderen Zement als 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit zum Einsatz kommt, muss Scotchbond Universal Plus Adhäsiv vor der Zementapplikation lichtgehärtet werden?

- Ja. Ausschließlich RelyX Universal Befestigungskomposit ist in der Lage, Scotchbond Universal Plus Adhäsiv auszuhärten.

### Welche Vorteile bietet die Anwendung des Systems aus Scotchbond Universal Plus Adhäsiv und RelyX Universal Befestigungskomposit?

- Das vollständig aufeinander abgestimmte, aus zwei Komponenten bestehende System eignet sich für nahezu alle Indikationen, die ein adhäsives und ein selbstadhäsives dualhärtendes Befestigungskomposit abdecken.
- Ein vereinfachter Ablauf mit weniger Schritten zur Anwendung des Befestigungskomposits erleichtert die Schulung des Personals und reduziert das Fehlerpotenzial.
- RelyX Universal Befestigungskomposit härtet Scotchbond Universal Plus Adhäsiv aus, wodurch ein zusätzlicher Arbeitsschritt der Lichthärtung entfällt.
- Scotchbond Universal Plus Adhäsiv kann die schon hohe Haftfestigkeit von RelyX Universal Befestigungskomposit noch weiter erhöhen.
- Das System erzielt im Vergleich zu Materialien anderer Hersteller eine höhere Haftfestigkeit an Zirkoniumoxid.
- Die Anwendung von RelyX Universal Befestigungskomposit und Scotchbond Universal Plus Adhäsiv führt zu nahezu keinen postoperativen Sensitivitäten.
- Die Produktkombination ermöglicht eine Prozedur, die vollständig auf BPA-Derivate verzichtet.
- Dank der neuen Automix-Spritze wird der Materialverwurf minimiert und das Handling optimiert.

# 10. Zusammenfassung

Mit 3M™ Scotchbond™ Universal Plus Adhäsiv bietet die Vorteile des Originals und ersten Adhäsivs seiner Klasse – 3M™ Scotchbond™ Universal Adhäsiv – kombiniert mit einigen innovativen Features für noch bessere Kontrolle und Vorhersagbarkeit.

- Erstes radioopakes Universaladhäsiv reduziert das Risiko von Fehldiagnosen und invasiver Überbehandlung
- Haftung an und Versiegelung von remineralisierbarem Dentin für die Umsetzung minimalinvasiver Präparationsrichtlinien
- Verbesserte Haftung an Zahnhartsubstanz und Restaurationsmaterialien inklusive Glaskeramik
- Vollständige Kompatibilität mit dual- und selbsthärtenden Kompositen ohne zusätzlichen Aktivator für die Dualhärtung
- BPA-freie Formulierung (enthält keine BPA-Derivate wie Bis-GMA) zur Ermöglichung eines komplett BPA-Derivat-freien Workflows. Das gelingt durch eine Kombination mit 3M™ Filtek Universal Restorative, 3M™ Filtek™ One Bulk Fill Komposit und / oder 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit.
- Vollständig aufeinander abgestimmtes System mit 3M™ RelyX™ Universal Befestigungskomposit, bietet exzellente Haftfestigkeit bei nahezu allen Indikationen für dualhärtende Befestigungskomposite Vereinfachte Abläufe dank Aushärtung des Adhäsivs durch RelyX Universal Befestigungskomposit.

Die Ergebnisse zahlreicher In-vitro-Studien sowie erster klinischer Untersuchungen zeigen, dass Scotchbond Universal Plus Adhäsiv ähnlich gut oder sogar besser abschneidet als sein preisgekrönter Vorgänger Scotchbond Universal Adhäsiv.

Weitere Labortests und klinische Studien werden durchgeführt, um das Verhalten unter verschiedenen Bedingungen noch detaillierter zu untersuchen und die klinische Eignung des Adhäsivs wissenschaftlich zu belegen.

## 3M.de/SBUPlus



**3M Deutschland GmbH**  
ESPE Platz  
82229 Seefeld  
Freecall: 0800-2753773  
Freefax: 0800-3293773  
info3mespe@mmm.com  
Webseite: 3M.de/dental

**3M Österreich GmbH**  
Kranichberggasse 4  
A-1120 Wien  
Tel.: (01) 86686434  
Fax: (01) 86686330  
dental-at@mmm.com  
Webseite: 3maustria.at/dental

**3M (Schweiz) GmbH**  
Eggstr. 91  
CH-8803 Rüslikon  
Tel.: (044) 724 94 80  
3mespech@mmm.com  
Webseite: 3mschweiz.ch/dental

3M, Adper, Filtek, RelyX und Scotchbond sind Marken der 3M Company oder 3M Deutschland GmbH. Alle anderen Marken gehören anderen Unternehmen.  
© 3M 2021. Alle Rechte vorbehalten.