

ISO-Zementevaluation und klinische Untersuchung von Zirkonoxidstiftaufbauten

Zusammenfassung

Die Dentinhaftung von 7 kommerziellen Zementen wurde mit dem ISO-Test WP 11405 geprüft. Zusätzlich wurde der Einfluss einer erhöhten Anzahl Wechselzyklen (500× resp. 5000×) beim Thermocycling untersucht. Klinisch wurden 51 Zirkonoxidstifte (CosmoPost) mit Keramikaufbau (IPS-Empress-Cosmo) einzementiert (21 mit Panavia 21 TC und 30 mit Variolink II selbsthärtend) und nach mindestens 12 Monaten nachuntersucht.

Die Mittelwerte der Dentinhaftung betragen *in vitro* (in MPa) nach 500 Thermozyklen: Ketac-Cem (Espe): $0,2 \pm 0,1$; Variolink II selbsthärtend (Vivadent): $23 \pm 10,2$; Variolink II lighthärtend (Vivadent): $28,8 \pm 9,7$; Dyract-Cem (Dentsply): $12,8 \pm 7,7$; Panavia 21 TC (Kuraray): $14,9 \pm 8,5$; Nexus (Kerr): $10,8 \pm 3,4$; Duo-Cement (Coltène): $12,8 \pm 9,7$.

Die Dentinhaftwerte waren für Variolink II (licht- und selbsthärtend) signifikant höher gegenüber den anderen Zementen. Beim Glasionomerezement (Ketac-Cem) wurden die tiefsten Haftwerte gefunden. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen 500-fachem und 5000-fachem Thermocycling festgestellt.

Klinisch konnte kein Zementierungsmisserfolg bei Panavia 21 TC nach 33,1 Monaten mittlerer Verweildauer und bei Variolink II nach 14,2 Monaten mittlerer Verweildauer festgestellt werden. Es wurden kaum Randverfärbungen festgestellt. Eine einzelne Stiffraktur während der Vorbehandlungsphase wurde auf eine Fehlbearbeitung (Kerbung) zurückgeführt.

Acta Med Dent Helv 4: 201–209 (1999)

Schlüsselwörter:
Zirkonoxidstifte, ISO-Haftversuch, Dentinhaftung

Zur Veröffentlichung angenommen: 28. August 1999

Korrespondenzadresse:
Dr. A. Fehér, OA, ZZMK Universität Zürich, Postfach,
Plattenstr. 11, 8028 Zürich, Tel. 01/634 32 52,
Fax 01/634 43 05, E-Mail: feher@zzmk.unizh.ch

AUREL FEHÉR, BRIGITTE EGGER, HEINZ LÜTHY,
MADELAINE SCHUMACHER, OLIVIER LOEFFEL
und PETER SCHÄRER

Einleitung

Vollkeramische Rekonstruktionssysteme werden immer häufiger eingesetzt, um Zahnrestorationen von hoher ästhetischer Qualität zu erreichen (WOHLWEND & SCHÄRER 1990). Im Vergleich zur konventionellen VMK-Technik erlauben die vollkeramischen Systeme eine gewisse Lichtleitung bis in die Tiefe der Rekonstruktion und in die Randbereiche der verbleibenden Zahnwurzel. Das Farbenspiel durch die verschiedenen Schichten der Keramik und des natürlichen Zahnstumpfes ist unter anderem der Grund für ein natürliches Aussehen (PAUL et al. 1996).

Bei stark zerstörten Zahnkronen empfiehlt sich die Verwendung von Wurzelstiften zur sicheren Verankerung von Stumpfaufbauten (CHRISTENSEN 1996). Gräuliche Strukturen wie Metallstifte sind aber oft der Grund für ein dunkles Durchschimmern im Randbereich der Gingiva, welche die Rekonstruktion als solche erkennen lassen. Aus diesem Grund versuchte man, die Metallstifte und Aufbauten durch eine «High-Tech-Keramik», das Zirkonoxid, zu ersetzen (MEYENBERG et al. 1995). Dank der aussergewöhnlichen Lichtleitung der Zirkonoxidstifte wurden ästhetisch hochstehende Vollkeramikrekonstruktionen möglich; die Indikation und Anwendung wurde definiert und abgegrenzt (PAUL & SCHÄRER 1997). Es wurde auch versucht, Aufbauten und Stifte aus glasinfiltriertem Aluminiumoxid herzustellen (KERN & KNODE 1991). Bis zur Verfügbarkeit von Zirkonoxid waren Keramikwerkstoffe für Stifte jedoch ungeeignet, da die mechanische Festigkeit für derart feine Strukturen ungenügend war. Metallstifte, welche sich über Jahre bewährt haben und in diversen Ausführungen angeboten werden (KÄELIN & SCHÄRER 1991), sind jedoch aus materialkundlicher Sicht den Keramikstiften noch überlegen. Neben einer höheren Biegefestigkeit haben Metallstifte auch bessere Eigenschaften in Bezug auf die Flexibilität (PURTON et al. 1998). Unterschiedliche Stiftformen wurden hergestellt (SANDHAUS & PASCHE 1994, SIMON 1995). Die ideale Stiftform, welche sowohl eine hohe Festigkeit des Wurzelstiftes als auch der verbleibenden Zahn-

substanz ermöglicht, sollte nach Ansicht verschiedener Autoren einen zylindrischen koronalen Anteil und einen konischen apikalen Anteil aufweisen (LAMBBERG-HANSEN & ASMUSSEN 1997). Ein Beispiel dieser Stiftform ist der Zirkonoxidstift CosmoPost (Ivoclar AG, FL-Schaan). Eine Weiterentwicklung der vollkeramischen Stiftaufbauten war das Aufpressen von Keramikstumpfaufbauten auf Zirkonoxidstifte mit dem IPS-Empress-Cosmo-System. Verschiedene Farbtöne der aufgepressten Keramik erlauben eine Nachbildung des natürlichen Zahnstumpfes (EDELHOFF et al. 1998, KAKEHASHI et al. 1998, MEYENBERG et al. 1998) (Abb. 1–3).



Abb. 1 Durch Karies stark zerstörte Oberkieferfrontzähne 11 und 21



Abb. 2 Zementierte Zirkonoxidstifte mit aufgepressten Keramikaufbauten (IPS-Empress-Cosmo) der Zähne 11 und 21

Für die Zementierung von Stiftaufbauten müssen zwei Grenzflächen berücksichtigt werden: Die Grenzfläche zwischen Dentin und Befestigungszement sowie die Grenzfläche zwischen dem Befestigungszement und dem Stiftaufbau. Die über Jahre bewährte Zementierung von Metallstiften, Aufbauten und definitiven Rekonstruktionen mit Zink-Phosphatzement basierte allein auf einer mechanischen Haftung des Zements sowohl mit der Zahnschmelz als auch mit den jeweiligen Werkstoffen der Aufbauten (CHRISTENSEN 1997). Die einfachere Verarbeitung gegenüber Kunststoffzementen wurde auch in neueren Untersuchungen hervorgehoben (STOCKTON 1999). In Laboruntersuchungen von Stiftaufbauten wurde aber auch gezeigt, dass sich der Zink-Phosphatzement durch mechanische Ermüdung des-



Abb. 3 Definitive vollkeramische Rekonstruktionen (IPS-Empress) der Zähne 11 und 21

integrieren kann, mit der Folge einer Stiftlockerung. Nach Meinung dieser Autoren tritt dieses Phänomen bei Verwendung von Kunststoffzementen weniger häufig auf, zusätzlich kann mit einer Verstärkung der Restwurzel gerechnet werden (MENDOZA et al. 1997). Andere in-vitro-Versuche an Grenzflächen Zement-Aufbaumaterial zeigten, dass der Kompositzement Panavia 21 (Kuraray Co, Ltd, J-Osaka) u. a. auf Zirkonoxid besonders gut haftet (KERN & WEGNER 1998). Mit der Einführung der Kompositzemente und der Dentinadhäsivsysteme wurde die Haftung zum Zahnschmelz (BUONOCORE 1955) und z.T. dem Dentin stark verbessert (BOWEN et al. 1982). Bei der Zementierung von Stiftaufbauten befinden sich die Klebeflächen ausschließlich auf devitalem Dentin, deshalb ist die Zementhaftung auf Dentin von besonderer Bedeutung. Diverse Methoden zur Beurteilung von Zementen für die Insertion von Wurzelstiften wurden beschrieben. Zementierte Stifte wurden mit einer Zugmaschine axial aus der Wurzel gezogen (LEARY et al. 1995, UTTER et al. 1997, DUNCAN & PAMEIJER 1998) und die Zugkräfte gemessen. Andere Untersuchungen beurteilten Stift- und Zementensysteme auf der Basis der gemessenen Drehmomente, die nötig waren, um die Stifte zu lockern (COHEN et al. 1995). Die Messung der Scherfestigkeit von zementierten Probekörpern wurde ebenfalls zur Beurteilung von Zementen und den entsprechenden Adhäsiven herangezogen (GROBLER et al. 1996, LEVARTOVSKY et al. 1996).

Bei der Beurteilung von Zementen spielt auch die Alterung und die Ermüdung eine Rolle. Wechselnde Temperaturen in der Mundhöhle und die mechanische Wechselbelastung beim Kauen können den Verbund der Materialien mit der Zeit beeinträchtigen. Das Thermocycling, das zyklische Eintauchen von Proben in Wasserbäder unterschiedlicher Temperatur, kann unter Laborbedingungen Aufschluss über den Alterungsprozess von Kunststoffzementen geben. Die unterschiedlichen Wärmeausdehnungs-Koeffizienten der verschiedenen Materialien (Dentin, Zement, Stift- und Aufbaumaterial) führen zu inneren Spannungen und Ermüdungen im Gefüge. Laboruntersuchungen zeigten bei Stiftsystemen vermehrt Spaltbildung an der Grenzfläche Dentin-Zement nach Thermocycling (DIETSCHI et al. 1997).

Unterschiedliche Testmethoden führen zu Resultaten, die in der Regel nicht direkt miteinander vergleichbar sind. In einer Studie wurden 50 Haftversuche miteinander verglichen. In 80% dieser Versuche wurde die Scherkraft gemessen, um Haftkräfte zu vergleichen. Obwohl die Messung der Scherkraft problematisch ist

und unter anderem für die grosse Streuung der Resultate verantwortlich sein kann, sind diese Autoren der Ansicht, dass damit relevante Messungen möglich sind (AL-SALEHI & BURKE 1997). Eine Testmethode, welche unter anderem ein präzises Protokoll für die Messung der Scherfestigkeit und das Thermocycling enthält, ist das neue ISO-Protokoll WP 11405 (1997). Testzylinder werden auf plangeschliffene Dentinoberflächen zementiert und später, nach Thermocycling, abgeschert (ØILO 1993, ØILO & AUSTRHEIM 1993). Aufgrund der Reduktion der beeinflussenden Parameter auf ein Minimum schien dieser Test am geeignetsten, um die Haftung von Zementen auf devitalem, nicht perfundiertem Dentin, wie es bei Stiftaufbauten vorherrscht, zu messen.

Ziel der Untersuchung war somit 1. die Haftung von verschiedenen Befestigungszementen auf devitalem Dentin mit der neuen ISO-Norm zu messen, und 2. eine Anzahl Zirkonoxidstifte mit aufgespressten Keramikaufbauten klinisch mit zwei verschiedenen Kompositzementen, nämlich einerseits mit Panavia 21 TC und andererseits mit einem geeigneten, entsprechend den Laborversuchen ausgewählten Zement (Variolink II selbsthärtend) einzusetzen und nach mindestens 12 Monaten nachzuuntersuchen.

Material und Methoden

In-vitro-Zementevaluation

In der vorliegenden Studie wurde die Scherfestigkeit von zementierten Kunststoffzylindern auf Dentin geprüft. Dabei wurde das Testverfahren nach ISO WP 11405 ausgewählt. Es wurden 5 Kompositzemente, 1 Kompomerzement und 1 Glasionomerzement mit den dazugehörigen Dentinkonditionierungsmitteln untersucht (Tab. I). Für jeden Zement wurden zwei Gruppen mit je 15 Proben (n=15) hergestellt, insgesamt 210 Proben.

Menschliche, kariesfreie und nicht-wurzelbehandelte Molaren wurden nach der Extraktion bis zur experimentellen Verwen-

dung während höchstens 6 Monaten in 0.5%-T-Chloramin-Lösung (E. Merck AG, CH-Dietikon) gelagert. Sie wurden in mesio-distal-apikaler Ebene halbiert und in Epoxyharz (Epofix; Struers, DK-Rodovre) eingebettet. Es entstanden zylindrische Proben von 21 mm Durchmesser und ca. 11 mm Höhe. Anschliessend wurde die bukkale respektive linguale Zahnseite mit einer Schleifmaschine (Knuth-Rotor, Struers, DK-Rodovre) unter laufendem Wasser plangeschliffen (Körnung 320). Ein Zahn ergab zwei Dentinproben. Zwingende Anforderung an den Einbettkunststoff war, dass die Polymerisationsreaktion keine Hitze erzeugte. Der in diesem Versuch verwendete Einbettkunststoff erwärmte sich höchstens auf 30 °C. Der Zahnschmelz wurde nur gerade bis auf die Tiefe des Dentins abgetragen; die Pulpakammer sollte möglichst weit von der Dentinoberfläche entfernt bleiben. Das Feinschleifen erfolgte schrittweise unter laufendem Wasser auf einem mikroprozessorgesteuerten Tischgerät (Abramin; Struers, DK-Rodovre) mit SiC-Schleifpapier (Körnung 320, 600 und 1000). Es wurde darauf geachtet, dass die Dentinproben während der Bearbeitung nicht trocken wurden. Die derart erhaltenen Dentinoberflächen waren anschliessend für die Klebeversuche bereit.

Für sämtliche Klebeversuche wurden gleiche Kunststoffzylinder aus Komposit (Tetric 140/A2/22; Vivadent Ets, FL-Schaan) hergestellt. In einer 6 mm dicken Teflonplatte wurde eine Bohrung von 4 mm Durchmesser eingebracht. Die Bohrung wurde mit Komposit gefüllt, und der so erhaltene Kunststoffzylinder wurde mit einer Lichtquelle (Optilux 400; Demetron Research Corporation; USA-Danbury) vollständig ausgehärtet. Nach dem Herausdrücken wurden die Kunststoffzylinder auf korrekte Masse überprüft und an der zu klebenden Seite mit Aluminiumoxidpulver von 110 µm Korngrösse (Benzer Dental; CH-Zürich) bei 2 bar sandgestrahlt. Um eine optimale Haftung auf dem Kompositzylinder zu erhalten, wurde die Klebefläche vor dem Haftversuch silanisiert (Monobond S; Vivadent Ets, FL-Schaan). Die Dentinproben wurden mit den jeweiligen Primersystemen vorbehandelt, danach wurde der Zement auf die Kunststoffzy-

Tab. I Auf Dentinhaftung geprüfte Zementssysteme

Produktklasse/ Aushärtungstyp	Produktname	Herstellerfirma	Lot-Nr.	Dentinvorbehandlung	Lot-Nr.
Kompositzement lichthärtend	Variolink II (nur lichthärtend) Base white 110 A	Vivadent Ets. FL-Schaan	823675	Syntac Primer	916528
				Syntac Adhäsiv	916561
				Heliobond	911821
Kompomerzement chemischhärtend	Dyract Cem	Dentsply GmbH D-Konstanz	9706000316	Prime & Bond	970400623
Kompositzement chemischhärtend	Panavia 21 TC Uni TC Catalyst	Kuraray Co. LTD J-Osaka	0274 0396	ED Primer A	061
				ED Primer B	068
Glasionomerzement chemischhärtend	Ketac-Cem	Espe GmbH & Co. D-Seefeld	FW0044517		
Kompositzement dualhärtend	Duo Cement Base D3 Catalyst	Coltène AG CH-Altstätten	GJ968 GJ968	A.R.T. Primer A	GI729
				A.R.T. Primer B	GI729
Kompositzement dualhärtend	Nexus Base neutral Catalyst high vis.	Kerr France F-Paris	805933 609300	Nexus 1	705598
				Nexus 2	705011
				Nexus 3	705600
Kompositzement chemischhärtend	Variolink II (selbsthärtend) Base white 110 A Catalyst Low vis.	Vivadent Ets. Schaan	823675 906566	Syntac Primer	916528
				Syntac Adhäsiv	916561
				Heliobond	911821

linder aufgebracht, die Zylinder auf die Dentinflächen gesetzt und während 1 Min. mittels einer speziellen Vorrichtung mit einer Kraft von 4 N belastet. Danach wurden die Kompositzylinder auf die Dentinproben aufgeklebt (Abb. 4). Es wurde darauf geachtet, dass die Zementierung nach den Angaben der Hersteller erfolgte. Der Zementüberschuss wurde sorgfältig entfernt und der Zement von zwei Seiten mit einer konventionellen zahnärztlichen Polymerisationslampe (Optilux 400) nach Angaben der jeweiligen Hersteller lichtgehärtet. Die Lichtintensität der Polymerisationslampe wurde mittels eines Messgerätes (Cure Rite; CDN-Mississauga) auf korrekte Werte überprüft.

Die Zahnproben wurden nach der Aushärtung der Zemente 24 h in 37 °C warmen Wasser gelagert und anschliessend dem Thermocycling zugeführt.

Pro Zementsystem wurden zwei Serien mit 15 Proben hergestellt. Eine Serie wurde genau nach dem ISO-Protokoll 500 Zyklen ausgesetzt. Das kalte Wasserbad hatte eine Temperatur von 5 °C, das warme Wasserbad eine Temperatur von 55°. Die Proben verblieben 0,5 Min. im jeweiligen Bad und wurden dann ins andere Bad gebracht; die Transportzeit von einem Bad ins andere betrug 0,5 Min. Eine zweite, experimentelle Serie wurde 5000 Zyklen ausgesetzt. Nach dem Thermocycling wurden die Proben ohne weitere Zwischenlagerung sofort dem Scherfestigkeitstest zugeführt. Eine den Anforderungen der ISO-Norm entsprechende Haltevorrichtung (Abb. 5) erlaubte eine präzise Positionierung der abzuscherenden Kompositzylinder. Die Proben wurden mit einer Universaltestmaschine (Schenck RM 50; Schenck AG, CH-Nänikon) bei einer Vorschubgeschwindigkeit



Abb. 4 In Epoxy eingebettete und feingeschliffene Dentinprobe mit aufgeklebtem Kompositzylinder

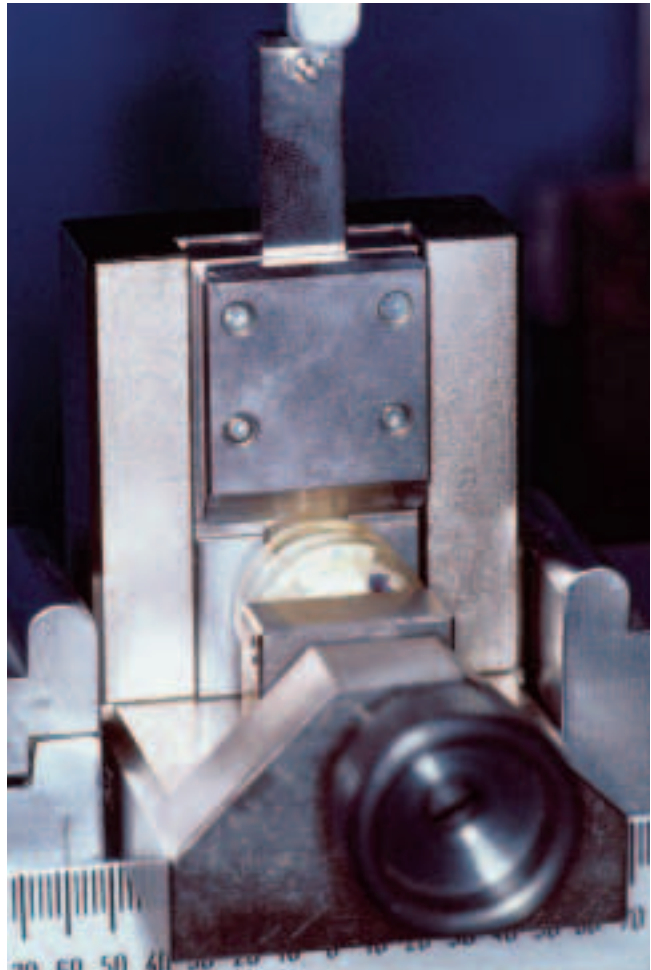


Abb. 5 Testvorrichtung beim Abscherversuch

von 0,8 mm/min. abgeschert und die nötige Kraft bis zum Bruch protokolliert. Die Berechnung der Scherfestigkeit erfolgte in MPa nach der Formel Kraft/Klebefläche. Die unterschiedlichen Haftwerte der Serien, welche 500 Zyklen ausgesetzt waren, wurden statistisch (t-Test; $P < 0,05$) verglichen. Die Resultate der Gruppen, welche beim Thermocycling 500 Zyklen ausgesetzt waren, wurden auf signifikante Unterschiede (t-Test; $P < 0,05$) zu den Gruppen mit 5000 Zyklen geprüft.

Die Bruchflächen wurden jeweils nach dem Abschertest mit einem Binokular (Wild; CH-Heerbrugg) bei 8-facher Vergrößerung untersucht. Ziel war abzuklären, ob sich die Bruchfläche

- zwischen Zement und Dentin
- zwischen Zement und Kompositzylinder
- im Dentin (Kohäsivbruch im Dentin)
- im Kompositzylinder (Kohäsivbruch im Kompositzylinder)

befand.

Klinische Untersuchung

Ab Juli 1995 wurde eine klinische Studie gemäss den Richtlinien der Deklaration von Helsinki gestartet. Die Patienten wurden über die Risiken und Garantiebestimmungen aufgeklärt und erklärten sich gemäss den Richtlinien der Ethikkommission schriftlich und mündlich mit der Teilnahme einverstanden (informed consent). Die Patienten wurden aufgrund der Indikation für einen Stiftaufbau an der Klinik für Kronen- und Brückenprothetik der Universität Zürich in die Studie aufgenommen. Der dentale Sanierungsgrad der Patienten war un-

terschiedlich. Es wurden keine Ausschlusskriterien für die Studie definiert, um praxisnahe Resultate zu erhalten. In einem Zeitraum zwischen August 1995 und März 1998 wurden 51 Zirkonoxidstifte bei 26 Patienten klinisch eingesetzt ($n=51$). Es wurden insgesamt 23 CosmoPosts von 1,4 mm Durchmesser und 28 CosmoPosts von 1,7 mm Durchmesser eingesetzt. Bei 16 Stiften wurde der Aufbau nach dem indirekten Verfahren aufgedrückt. Bei dieser Methode liefert der Zahnarzt dem Techniker einen Präzisionsabdruck des Zahnstumpfes, wobei darauf geachtet wird, dass der Zirkonoxidstift im Abdruck verbleibt. Nach dem Ausgießen des Abdrucks findet der Zahntechniker auf dem Meistermodell die präzise Stumpfsituation mit Stift vor. Danach formt er den ausbrennbaren Anteil des Aufbaus und schleift ihn anschliessend auf die gewünschte Ausdehnung zurück. Bei 35 Stiften wurde das direkte Verfahren angewandt (KAKEHASHI et al. 1998). Im Unterschied zur indirekten Methode baut hier der Zahnarzt den ausbrennbaren Aufbauanteil direkt im Munde des Patienten auf. Nach dem Zurückschleifen wird dem Zahntechniker nur der Stift mit Aufbau zugesandt. Im Labor kann der so erhaltene Stumpf Aufbau direkt eingebettet werden und ist anschliessend für das Aufpressen der Keramik bereit.

Die Gesamtheit von 51 Stiften gliederte sich in zwei Gruppen. Die erste Gruppe (21 Stifte, in 7 Prämolaren und in 14 Front- und Eckzähnen) wurde mit Panavia 21 TC zementiert. Der erste Stift dieser Gruppe wurde im August 1995 eingesetzt. Die zweite Gruppe (30 Stifte, in 13 Prämolaren und 17 Front- und Eckzähnen) wurde mit selbsthärtendem Kompositzement, Variolink II, zementiert; der erste Stift dieser Gruppe wurde im Mai 1997 eingesetzt. Nach mindestens 12 Monaten wurden die Restaurationen nachuntersucht und beurteilt. Es wurden jeweils Röntgenbilder und Fotos hergestellt, um die Qualität der Restaurationen festzuhalten und zu beurteilen.

Tab. II Beurteilungsskala für den Zementierungserfolg

Klinische Beobachtung	
Grad 0	Stift in Situ, unauffällig
Grad 1	Stift gelockert; erfolgreich rezementiert
Grad 2	Stift gelockert Rezementierung unmöglich
Grad 3	Stift innerhalb 4 Wochen nach Zementierung gelockert

Tab. IV Dentinhaftwerte nach ISO WP 11405

Produktname	Thermocycling: Anzahl Zyklen	Mittlerer Haftwert (MPa)	Standard- abweichung (MPa)	Variations- koeffizient (%)
Variolink II	500	28.8	9.7	34
lichthärtend	5000	27.4	13.3	49
Dyract Cem	500	12.8	7.7	60
	5000	10.0	5.3	53
Panavia 21 TC	500	14.9	8.5	57
	5000	10.7	6.3	59
Ketac-Cem	500	0.2	0.1	50
	5000	0.1	0.1	100
Duo Cement	500	12.8	9.7	76
	5000	10.5	9.7	92
Nexus	500	10.8	3.4	31
	5000	10.1	5.2	51
Variolink II	500	23.0	10.2	44
selbsthärtend	5000	32.7	6.9	21

Tab. III Beurteilungsskala für die Randverfärbung

Klinische Beobachtung	
Grad 0	Keine Randverfärbung
Grad 1	Leichte Verfärbung der Klebefuge
Grad 2	Starke Verfärbung des gesamten Randes
Grad 3	Sekundärkaries aufgrund eines Randspaltes

Die Beurteilungskriterien bezogen sich auf den Zementierungserfolg (Tab. II) und die eventuelle Randverfärbung (Tab. III).

Resultate

In-vitro-Zementevaluation

Die Resultate der Dentinhaftung der 7 Zementssysteme sind in der Tab. IV und Abb. 6 zusammengefasst. Bei keinem Zement-system konnten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen mit 500-fachem Thermocycling und 5000-fachem Thermocycling festgestellt werden (Abb. 6). Die Signifikanzen der Haftwerte der verschiedenen Zemente zueinander sind in Tab. V zusammengefasst.

Die meisten Bruchflächen befanden sich zwischen Zement und Dentin. Es wurden keine Bruchflächen zwischen Zement und Kompositzylinder und auch keine Bruchflächen im Kompositzylinder festgestellt. Bei wenigen Proben wurde die Bruchfläche im Dentin lokalisiert (Kohäsivbruch im Dentin).

Klinische Untersuchung

11 der mit Panavia 21 TC zementierten Stifte und versorgten Zähne konnten klinisch nachuntersucht werden, 4 Patienten mit 9 stiftversorgten Zähnen konnten nicht mehr eruiert werden. Eine Patientin hat den mit dem Stift versorgten Zahn aus parodontalen Gründen verloren.

Aus der Gruppe von 30 mit Variolink II zementierten Stiften konnten 25 Zähne klinisch nachuntersucht werden. Zwei Patienten mit 5 Stiften konnten nicht nachuntersucht werden. In der Gruppe der mit Panavia 21 TC zementierten Stiften waren diese im Durchschnitt 33,1 Monate inkorporiert; die längste Verweildauer betrug 43 Monate, die kürzeste 22,5 Monate. In der Gruppe der mit Variolink II zementierten Stifte waren diese im Durchschnitt 14,2 Monate inkorporiert (maximal 21 Monate, minimal 12 Monate).

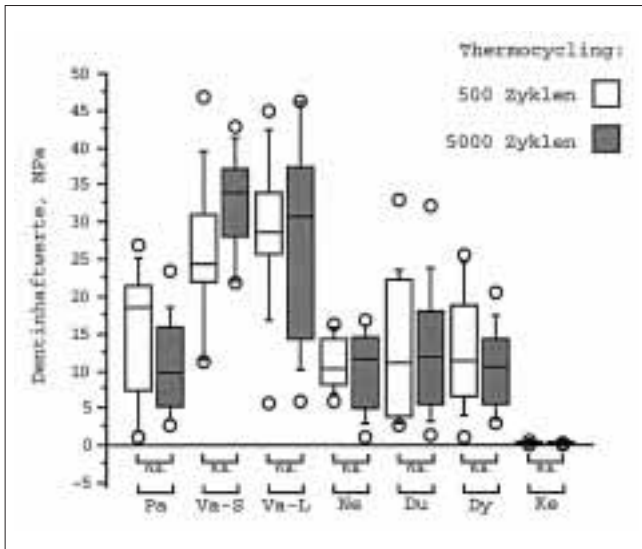


Abb. 6 Box-plot Diagramm der Dentinhaftwerte der verschiedenen Zementssysteme (Pa: Panavia 21 TC; Va-S: Variolink II, selbsthärtend; Va-L: Variolink II, lichthärtend; Ne: Nexus; Du: Duo Cement; Dy: Dyract Cem; Ke: Ketac-Cem). Der Median, die oberen und unteren Extremwerte sind angegeben sowie die 50% und 80% Percentile. Keine statistisch signifikanten Unterschiede (n.s.) zwischen 500fachem und 5000fachem Thermocycling

Was den Zementierungserfolg betrifft, zeigte sich, dass alle nachuntersuchten Zähne mit CosmoPost-IPS-Cosmo-Empressaufbauten mit Grad 0 gemäss Tab. II beurteilt werden konnten. Kein Stift hatte sich nach der Zementierung gelockert und musste rezementiert werden. Kein Stift musste in den ersten 4 Wochen nach Inkorporation rezementiert werden. Es war kein Unterschied zwischen der mit Panavia 21 TC zementierten Gruppe und der mit Variolink II zementierten Gruppe feststellbar.

In der Gruppe der mit Panavia 21 TC zementierten Stifte und definitiven Rekonstruktionen wurden in einem Fall Randverfärbungen mit Grad 2 und in 2 Fällen Randverfärbungen mit Grad 1 festgestellt. Die übrigen Rekonstruktionen wurden mit Grad 0 (keine Farbveränderungen) beurteilt.

In der Gruppe der mit Variolink II zementierten Stifte und definitiven Rekonstruktionen wurde 1 Fall mit einer Randverfärbung Grad 1 beobachtet, die restlichen Ränder der Rekonstruktionen wiesen keine Farbveränderungen (Grad 0) auf.

In der für diese Studie untersuchten Gruppe von Zirkonoxidstiften wurde lediglich eine einzelne Stiftfraktur beobachtet. Noch in der Behandlungsphase, während der Tragzeit des Kunststoffprovisoriums, ist ein 1,4 mm CosmoPost auf Stumpfniveau gebrochen. Der in der Wurzel verbleibende Anteil konnte mit einem feinen Diamantschleifinstrument (Intensiv FG-012 4710-30; Intensiv SA; CH-Montagnola) umbohrt und entfernt werden. Danach konnte ein neuer Stift mit dem aufgepressten Aufbau mit Erfolg zementiert werden. Dieser Zahn wurde nach 12,5 Monaten nachuntersucht; es konnten keine Anzeichen eines Misserfolgs festgestellt werden.

Nach dem Einsetzen der definitiven Rekonstruktion und nach einer durchschnittlichen Tragzeit von 20 Monaten (längste 43 Monate, kürzeste 12 Monate) konnte keine weitere Stiftfraktur festgestellt werden.

Diskussion

Mit der ISO-Testmethode WP 11405 wurde versucht, einen nachvollziehbaren experimentellen Standard zu schaffen. Obwohl die Testmethode grundsätzlich positiv bewertet wurde (KITASAKO et al. 1995), kann sie keine zuverlässigen Angaben über Haftkräfte auf frisch präpariertem Dentin mit Flüssigkeitsaustritt aus den Dentintubli liefern. Da in der vorliegenden Untersuchung aber ausschliesslich devitales Dentin zu beurteilen war, wurde die Testmethode als geeignet betrachtet.

Die Resultate der Haftversuche (Tab. IV) zeigten eine relativ grosse Streuung der Haftwerte; z.T. war der Variationskoeffizient (CV) über 50%. Das ISO-Protokoll WP 11405 empfiehlt, Werte unter 50% anzustreben. Die in der vorliegenden Untersuchung beobachtete Streuung könnte u.U. darauf zurückzuführen sein, dass menschliche Zähne anstelle von Rinderzähnen verwendet wurden. Jede Zahnprobe hatte eine eigene natürliche Form; der Abstand der präparierten Dentinfläche zur ehemaligen Pulpakammer unterlag einer natürlichen Schwankung; somit war die Verteilung von Dentinkanälchen sowohl bezüglich Anzahl als auch bezüglich Schnittwinkeln gewissen Schwankungen unterworfen. Gerade in devitalen Wurzel-

Tab. V Statistischer Vergleich der Haftwerte (nach ISO WP 11405; 500faches Thermocycling)

	Panavia 21 TC	Variolink II selbsthärtend	Variolink II lichthärtend	Nexus	Duo Cement	Dyract Cem	Ketac-Cem
Panavia 21 TC		*	*	*	n.s.	n.s.	*
Variolink II selbsthärtend	*		n.s.	*	*	*	*
Variolink II lichthärtend	*	n.s.		*	*	*	*
Nexus	*	*	*		n.s.	n.s.	*
Duo Cement	n.s.	*	*	n.s.		n.s.	*
Dyract Cem	n.s.	*	*	n.s.	n.s.		*
Ketac-Cem	*	*	*	*	*	*	

* $P < 0.05$; n.s. = nicht signifikant

kanälen muss auch mit unterschiedlichsten Dentinqualitäten gerechnet werden; auch auf diesen Flächen dürfte die Streuung der Haftwerte relativ gross sein. Andere Haftversuche von Zementen im Dentin zeigten eine ähnlich grosse Streuung (ØILO & AUSTRHEIM 1993, PAUL & SCHÄRER 1993, AL-SALEHI & BURKE 1997).

Mit dem ISO-Test WP 11405 übertrafen sowohl der Median als auch die Maximalwerte der Zementgruppe mit Variolink II mit Syntac Classic die anderen Zementssysteme (Tab.V); trotzdem unterlag auch diese Gruppe einer relativ grossen Streuung. Neuere, vergleichbare Untersuchungen, welche mit dem ISO-Protokoll WP 11405 durchgeführt wurden, zeigten für Syntac Classic ähnliche Resultate mit ähnlicher Streuung (LEIRSKAR et al. 1998). Allerdings wurden in dieser Studie nicht vorgefertigte Kompositzylinder auf das Dentin zementiert, sondern das Kompositmaterial wurde direkt auf das vorbehandelte Dentin aufgebracht und gehärtet. In dieser Untersuchung wurden keine weiteren direkt vergleichbaren Produkte verwendet, aber die getesteten Produkte zeigten sowohl untereinander grosse Unterschiede der Mittelwerte der Haftkräfte als auch eine relativ grosse Streuung (LEIRSKAR et al. 1998). In einer weiteren Untersuchung waren die axialen Abzugskräfte von mit Kunststoffzementen eingesetzten Wurzelstiften deutlich höher gegenüber den Stiften, die mit Phosphatzement eingesetzt wurden. Auch in diesem Fall lag die Streuung im Bereich von 40% (UTTER et al. 1997).

Thermocycling als Belastungsfaktor führte bei dentalen Adhäsivsystemen z.T. zu einer Minderung der Haftkraft (ØILO & OLSSON 1990). Deshalb wurde in der vorliegenden Untersuchung die Anzahl der Zyklen stark erhöht, um die Zemente zusätzlich auf stärkere Alterung zu prüfen. Die experimentelle Multiplikation der im ISO-Test WP 11405 vorgeschriebenen Anzahl Wechselzyklen von 500 mit einem Faktor 10 (5000 Zyklen) ergab aber keine signifikanten Veränderungen der Resultate. Dies deutete darauf hin, dass eine erfolgreiche Klebung auf devitalem Dentin auch nach längerem Verbleib in der Mundhöhle noch intakt sein kann. Nachteilig an der verwendeten Testmethode war aber der Umstand, dass keine mechanische Ermüdung simuliert wurde, wie dies in anderen Untersuchungen der Fall war (DIETSCHI et al. 1997).

Beim Abscheren der zementierten Kompositzylinder konnte die Bruchfläche entweder am Übergang Dentin-Zement oder in seltenen Fällen im Dentin eindeutig lokalisiert werden. Die mikroskopische Vergrößerung von einigen Extremfällen zeigte, dass eine erfolgreiche, sehr starke adhäsive Verklebung von Kunststoffzementen mit devitalem Dentin grundsätzlich möglich war. Andere Autoren berichten von ähnlichen Beobachtungen (ØILO & AUSTRHEIM 1993, LEVARTOVSKY et al. 1996).

Die Beurteilung von Zementen und ihren Adhäsiven darf sich aber nicht allein auf Laboruntersuchungen abstützen. In Laborexperimenten kann die Mundsituation nur vereinfacht und damit fehlerhaft nachgeahmt werden. In jedem Laborversuch werden relevante Parameter weggelassen. Deswegen werden klinische Versuche zur Beurteilung von Adhäsivsystemen als zwingend notwendig erachtet (VAN MEERBEEK et al. 1996).

Zu Beginn dieser Studie wurden Zirkonoxidstifte klinisch mit Panavia 21 TC eingesetzt, basierend auf den positiven Resultaten von Laborversuchen (KERN & WEGNER 1998). Die Resultate der vorliegenden In-vitro-Haftversuche zeigten aber, dass sich grundsätzlich auch andere Befestigungszemente für den klinischen Einsatz eignen können. Ein selbsthärtender Zement mit hoher Haftung auf devitalem Dentin (Variolink II, selbsthärtend) wurde deshalb für weitere klinische Versuche ausgewählt. In dieser Studie zeigten beide klinisch geprüften Zementssysteme

(Panavia 21 und Variolink II) in der untersuchten Zeitspanne keine adhäsiven Misserfolge. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass die mittlere Verweildauer beider Gruppen relativ gering war (33,1 Monate mit Panavia 21 TC und 14,2 Monate mit Variolink II selbsthärtend). Die verglichenen Gruppen hatten unterschiedliche Verweilzeiten im Munde der Patienten und müssen entsprechend beurteilt werden. Die wenigen beobachteten Randverfärbungen beider untersuchten Gruppen (total 3 Fälle) entsprachen den Hygienestandards der jeweiligen Patienten. Nicht nur die Ränder der definitiven Rekonstruktionen auf Zirkonoxidstiften waren verfärbt, sondern auch Füllungs-ränder und Fissuren an diversen anderen Stellen. Bei einem Erfolg der Zirkonoxidstifte mit aufgedruckten keramischen Aufbauten darf mit demselben klinischen Erfolg der definitiven, in der Regel auch vollkeramischen Rekonstruktion gerechnet werden. Bei guter Passung dürfen die Verfärbungen der Ränder als gering bezeichnet werden.

Nachforschungen über den in der Vorbehandlungsphase gebrochenen Zirkonoxidstift ergaben, dass dieser möglicherweise beim Einpassen mit einem rotierenden Instrument gekerbt wurde. Eine derartige Verletzung der Oberfläche schwächt auch eine hochfeste Keramik wie Zirkonoxid und kann zu einem Bruch führen.

Die in-vitro-Tests und die klinische Untersuchung (>12 Monate) deuteten darauf hin, dass sich Zirkonoxidstifte bei korrekter Anwendung sowohl mit Panavia 21 als auch mit Variolink II (selbsthärtend) erfolgreich einzementieren lassen.

Verdankungen

Die Autoren bedanken sich bei den Herstellerfirmen für die Unterstützung und Belieferung mit Zementmaterial. Die Autoren danken zudem Herrn Dr. med. dent. Christoph Bühler, Dr. A. Wieser und dem zahntechnischen Labor Pietrobon & Michel, Zürich, für die Mitarbeit.

Summary

FEHÉR A, EGGER B, LÜTHY H, SCHUMACHER M, LOEFFEL O: **Cement evaluation and clinical investigation of zirconia posts** (in German). Acta Med Dent Helv 4: 201–209 (1999)

In the first part of this investigation, seven commercially available cements have been tested on dental adhesion in laboratory according to the ISO-Specification WP 11405. The effect of thermocycling (500 and 5000 cycles) has also been evaluated.

Shear-bond strength testing led to the following results (in MPa): Ketac-Cem (Espe): $0,2 \pm 0,1$; Variolink II self-cured (Vivadent): $23 \pm 10,2$; Variolink II light-cured (Vivadent): $28,8 \pm 9,7$; Dyract-Cem (Dentsply): $12,8 \pm 7,7$; Panavia 21 TC (Kuraray): $14,9 \pm 8,5$; Nexus (Kerr): $10,8 \pm 3,4$; Duo-Cement (Coltène): $12,8 \pm 9,7$.

Significantly higher values have been measured with both Variolink II cements compared to all other cements. The glass-ionomer-cement Ketac-Cem showed the lowest values. The increase of thermocycles from 500 to 5000 did not change the results significantly.

In a second clinical part, 51 zirconia posts with a heat-pressed ceramic build-up (IPS-Empress-Cosmo) have been cemented and reexamined after at least 12 months. For this, two self-curing composite-cements (Panavia 21 TC and Variolink II) have been used.

In the clinical investigation, no failure occurred due to the two chosen cements after a mean placement of 33,1 months for Panavia and 14,2 months for Variolink II. One single fracture of

a post was observed during the temporary phase, which was referred to a notch mistakenly grinded at the ceramic surface during preparation for insertion.

Résumé

Dans la première partie de cette étude, sept ciments commerciaux ont été testés en laboratoire du point de vue de l'adhésion dentaire selon la norme ISO WP 11 405. L'influence du thermocyclage a aussi été pris en compte (500 et 5000 cycles).

Les valeurs moyennes de ce cisaillement in vitro, obtenues après un thermocyclage de 500 fois, ont été les suivants (en MPa): Ketac-Cem (Espe): $0,2 \pm 0,1$; Variolink II autopolymérisé (Vivadent): $23 \pm 10,2$; Variolink II photopolymérisé (Vivadent): $28,8 \pm 9,7$; Dyract-Cem (Dentsply): $12,8 \pm 7,7$; Panavia 21 TC (Kuraray): $14,9 \pm 8,5$; Nexus (Kerr): $10,8 \pm 3,4$; Duo-Cement (Coltène): $12,8 \pm 9,7$. Les 2 ciments Variolink ont produit des valeurs d'adhésion dentaire significativement plus élevées que les autres ciments testés. Le ciment de verre ionomère Ketac-Cem a donné les valeurs les plus faibles. Pour tous les ciments, l'augmentation du nombre de thermocycles à 5000 fois n'a pas affecté significativement l'adhésion.

Dans une partie clinique, 51 tenons en zircone avec un matériau de core céramique pressé à chaud (IPS-Empress-Cosmo) ont été scellés et réexaminés après au moins 12 mois. Deux ciments composites autopolymérisables ont été utilisés à cet effet (Panavia 21 TC et Variolink II).

Dans cette étude aucun cas d'échec n'est survenu pour les 2 ciments choisis après une durée moyenne de service de 33,1 mois pour le Panavia et de 14,2 mois pour le Variolink II. Une seule fracture de tenon a été enregistrée lors de la phase préparatoire. Elle a été attribuée à une manipulation fautive (céramique entaillée).

Literaturverzeichnis

AL-SALEHI S, BURKE F: Methods used in dentin bonding tests: An analysis of 50 investigations on bond strength. *Quintessence Int* 28: 717–723 (1997)

BOWEN R L, COBB E N, RAPSON J E: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: Improvement in bond strength to dentin. *J Dent* 10: 1070–1076 (1982)

BUONOCORE M G: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 34: 849–853 (1955)

CHRISTENSEN G J: Posts: Necessary or unnecessary? *J Am Dent Assoc* 127: 1522–1526 (1996)

CHRISTENSEN G J: Cements used for full crown restorations: A survey of the American Academy of Esthetic Dentistry. *J Esthet Dent* 9: 20–26 (1997)

COHEN B, PAGNILLO M, CONDOS S, DEUTSCH A: Comparison of torsional forces for seven endodontic post systems. *J Prosthet Dent* 74: 350–357 (1995)

DIETSCHI D, ROMELLI M, GORETTI A: Adaptation of adhesive posts and cores to dentin after fatigue testing. *In J Prosthodont* 10: 498–507 (1997)

DUNCAN J, PAMEIJER C: Retention of parallel-sided titanium posts cemented with six luting agents: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 80:423–428 (1998)

EDELHOFF D, YILDIRIM M, FISCHER H, SPIEKERMANN H: Wurzelstifte und individuelle Stumpfaufbauten aus Keramik – Erste klinische Erfahrungen mit dem CosmoPost-System. *Quintessenz* 49: 257–265 (1998)

GROBLER S, BASSON N, ROSSOUW R: Shear bond strength, microleakage and antimicrobial properties of Aelitebond. *Am J Dent* 9: 120–124 (1996)

International organization for standardization, ISO WP 11405 Dental materials – Testing of adhesion to tooth structure. Geneva, Switzerland (1997)

KAELIN D, SCHÄRER P: Aufbausysteme in der Kronen- und Brückenprothetik. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 101: 457–463 (1991)

KAKEHASHI Y, LÜTHY H, NAEF R, WOHLWEND A, SCHÄRER P: A new all ceramic post and core system: Clinical, technical, and in vitro results. *Int J Periodont Rest Dent* 18: 587–593 (1998)

KERN M, KNODE H: Stiftkernaufbauten aus In-Ceram; direkte und indirekte Methode. *Quintessenz Zahntech* 17: 917–925 (1991)

KERN M, WEGNER S M: Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dental Mater* 14: 58–64 (1998)

KITASAKO Y, BURROW M F, NIKAIKO T, HARADA N, INOKOSHI S, YAMADA T, TAKATSU T: Shear and tensile bond testing for resin cement evaluation. *Dental Mater* 11: 298–304 (1995)

LAMBJERG-HANSEN H, ASMUSSEN E: Mechanical properties of endodontic posts. *J Oral Rehabil* 24: 882–887 (1997)

LEARY J, HOLMES D, JOHNSON W: Post and core retention with different cements. *Gen Dent* 43: 416–419 (1995)

LEIRSKAR J, ØILO G, NORDBØ H: In vitro shear bond strength of two resin composites to dentin with five different dentin adhesives. *Quintessence Int* 29: 787–792 (1998)

LEVARTOVSKY S, GOLDSTEIN G, GEORGESCU M: Shear bond strength of several new core materials. *J Prosthet Dent* 75: 154–158 (1996)

MENDOZA D, EAKLE S T, KAHL E, HO R: Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent* 78: 10–15 (1997)

MEYENBERG K, LÜTHY H, SCHÄRER P: A new all-ceramic concept for nonvital abutment teeth. *J Esthet Dent* 7: 73–80 (1995)

MEYENBERG K, NAEF R, LÜTHY H, SCHÄRER P: Restaurations antérieures, couronnes unitaires, tenons et faux-moignons. *Protocoles de scellement. Réalités cliniques* 9: 345–360 (1998)

ØILO G: Bond strength testing – what does it mean? *Int Dent J* 43: 492–498 (1993)

ØILO G, AUSTRHEIM E K: In vitro quality testing of dentin adhesives. *Acta Odontol Scand* 51: 263–269 (1993)

ØILO G, OLSSON S: Tensile bond strength of dentin adhesives: a comparison of materials and methods. *Dent Mater* 6: 138–144 (1990)

PAUL S J, PLISKA P, PIETROBON N, SCHÄRER P: Light transmission of composite luting resins. *Int J Periodontics Restorative Dent* 16: 164–173 (1996)

PAUL S J, SCHÄRER P: Scherfestigkeit von Dentinhaftmitteln unter intrapulparem Druck und Temperaturwechsel. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 103: 709–714 (1993)

PAUL S J, SCHÄRER P: Post and core reconstruction for fixed prosthodontic restoration. *Pract Periodontics Aesth Dent* 9: 513–520 (1997)

PURTON D, CHANDLER N, LOVE R: Rigidity and retention of root canal posts. *Brit Dent J* 184: 294–296 (1998)

SANDHAUS S, PASCHE K: Tenon radicaire en zircone pour la réalisation d'inlays-cores tout céramique. *Trib Dent* 2: 17–24 (1994)

SIMON M: Neue Perspektiven zur vollkeramischen Stabilisierung und zum Aufbau devitaler Zähne. *Quintessenz* 46: 1085–1101 (1995)

- STOCKTON L: Factors affecting retention of post systems: A literature review. *J Prosthet Dent* 81: 380–385 (1999)
- UTTER J, WONG B, MILLER B: The effect of cementing procedures on retention of prefabricated metal posts. *J Am Dent Assoc* 128: 1123–1127 (1997)
- VAN MEERBEEK B, PERDIGAO J, LAMBRECHTS P, VANHERLE G: The clinical performance of adhesives. *J Dent* 26: 1–20 (1996)
- WOHLWEND A, SCHÄRER P: Die Empress-Technik. Eine neue Technik zur Herstellung von Inlays, Kronen und Verblendschalen. *Quintessenz Zahntech* 16: 966–978 (1990)