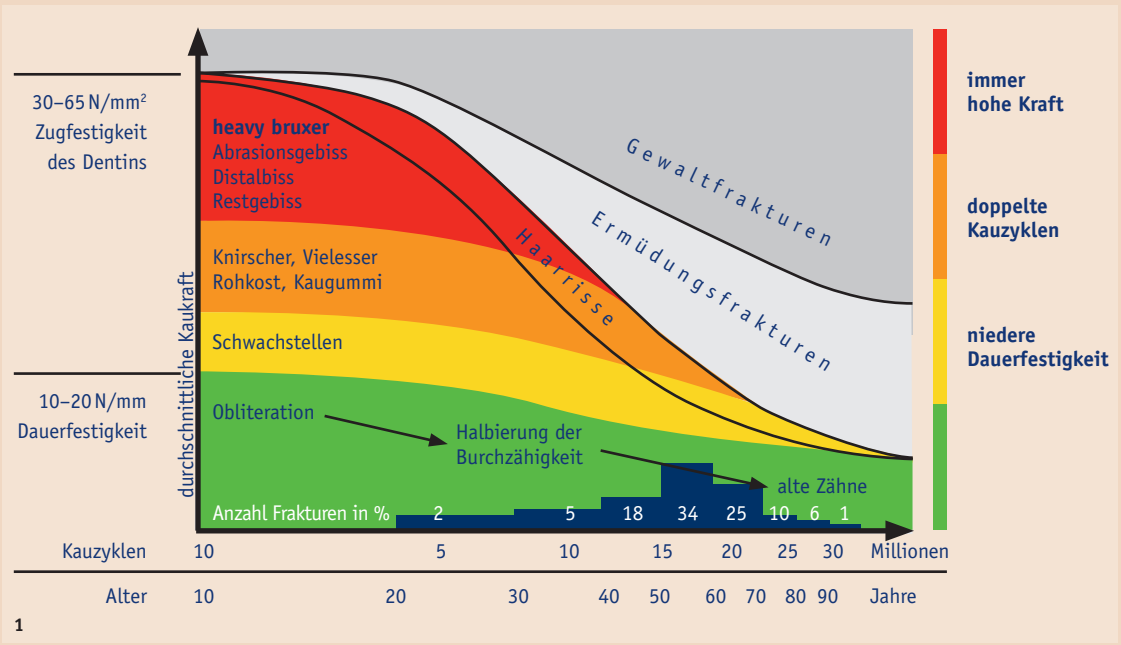
Kompositfüllungen nach Frakturen

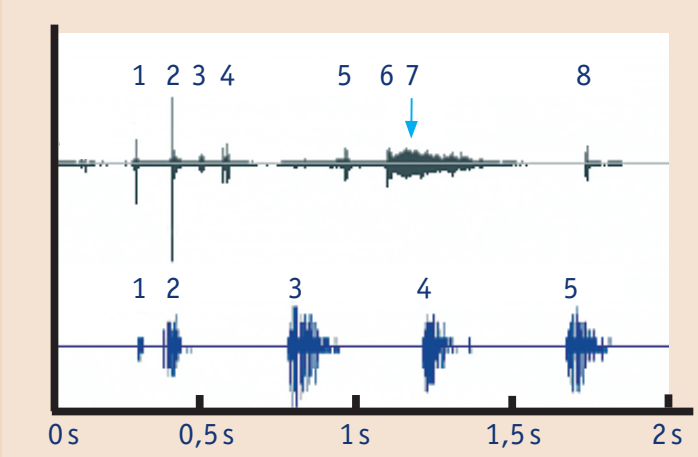
Mit verankerten und verstärkten Komposits kann man fast alle frakturierten Zähne reparieren.

Von Dr. med. dent. Walter Weilenmann, Wetzikon, Schweiz, und MSc ETH Marvin Rueppel, Zürich, Schweiz.



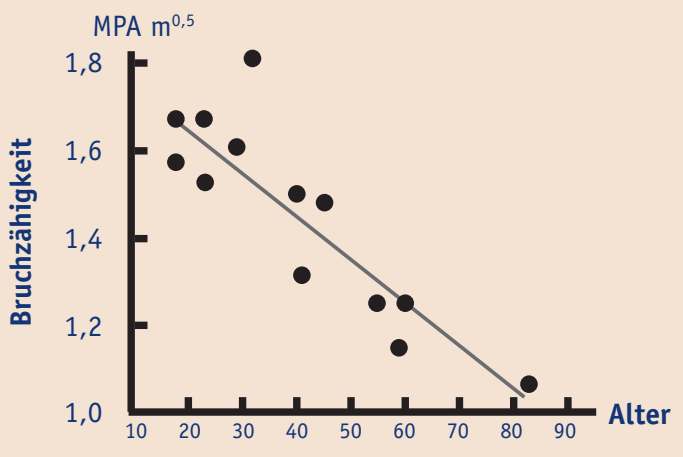
1

Abb. 1: *Ermüdungsfaktoren. Ursächlich ist die Kombination von hohen Kaukräften (gelb/orange/roter Bereich), übermäßig vielen Kauzyklen und einer mechanischen Schwachstelle (steile Höcker, breite Kontaktpunkte, Kerben usw.). Die Dauerfestigkeit beträgt etwa 30 Prozent der Zugfestigkeit. 34 Prozent der großen Zahnfrakturen geschahen bei 50–60-jährigen Patienten (Beobachtung seit 2015, N = 182).*



2

Abb. 2: *Knirschen. Patient A hat bei einer einzigen Knirschbewegung sieben kurze und eine breite Belastungsspitze (Pfeil). Patient B hingegen macht in der gleichen Zeit viermal eine kurze Knirschbewegung mit je einer breiten Belastungsspitze. Die Knacktöne entstehen wegen der Rauigkeit der Schlifffacetten. Eine Knirschepisode dauert etwa 5 Sekunden (= 10 Belastungen). Ein Heavy Bruxer hat 100 Knirschepisoden pro Nacht (= 1.000 hohe Belastungen, gleichviel wie bei drei Mahlzeiten).* – ***Abb. 3:*** *Dentinbrüchigkeit. Junges Dentin (Tubuli weit offen und elastisch) ist doppelt so bruchfest wie altes (Tubuli restlos verkalkt und brüchig).* – *Quelle: Aging and the reduction in fracture toughness of human dentin. A. Nazari et al. 2009.*



3

Patienten mit einer Zahnfraktur wünschen sich oft eine Reparatur und keine Extraktion, und Zahnärzte, die solche Zähne reparieren, gewinnen viele Sympathien. Frakturen sind meistens Ermüdungsfrakturen im Bereich der Zahnkronen. Ermüdungen werden verursacht durch die Kombination von hohen Kaukräften, vielen Kauzyklen, belasteten schiefen Ebenen und der geringen Zugfestigkeit von Dentin und Komposit. Zwei dieser Faktoren lassen sich mit zahnärztlichem Geschick therapieren: Schiefe Ebenen werden eingeschliffen und durch ebene Kontakte ersetzt, und das Komposit wird mit Pins, Stiften und Schrauben zugfest verankert und mit Drähten bruchsicher verstärkt.

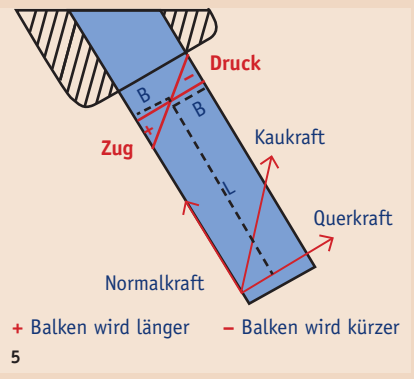
Ermüdungsfaktoren

Schiefe Ebenen lenken die Kaukraft um. Deshalb können schon bei einer Kaukraft von 20 N (ca. zwei Kilogramm) so große Querkräfte entstehen, dass die Dentintubuli mikroskopisch einreißen. Das Risswachstum verbindet die Mikrorisse langsam zu längeren Spalten und erweitert diese nach und nach zu sichtbaren Haarrissen. Diese enden dann wenige Jahre später mit Ermüdungsfrakturen, meistens zwischen dem 50. und 60. Lebensjahr ***(Abb. 1)***. Des Weiteren entstehen beim Knirschen sowohl hohe Kaukräfte (durchschnittlich 100 N) als auch viele Belastungen ***(Abb. 2)***. Überdies haben die Knirschfacetten mit ihren breiten Kontaktflächen eine schlechte Schneidwirkung. Das zwingt den Patienten, mit höherer Kraft zu kauen, was wiederum die Kaumuskeln trainiert und Heavy Bruxism vorbereitet.

Die Zugfestigkeit des Dentins ist eher gering und variiert um einen Faktor 4 ***(Tab. 1)***. Die Variation entsteht durch die Dentinalterung, welche 50 Prozent der Zugfestigkeit vernichtet ***(Abb. 3)***, und strukturell beim pulpanahen Dentin mit 50.000 Tubuli/mm², das nur 50 Prozent der Festigkeit von peripherem Dentin mit 10.000 Tubuli/mm² besitzt. Im selben Maß variiert auch die Dentinadhäsion bei den verschiedenen Sorten von Dentin. Entsprechend wichtig sind mechanische Retentionen.

4

Abb. 4: *Frakturdiagnose. Kauschmerzen links seit einem Jahr. Patient 51-jährig. Er verdächtigte 36 und suchte mehrere Zahnärzte auf. Sie blieben trotz Fracfinder®, Röntgenbildern und Abschlussberichten ratlos. Was dachten sie wohl zu den funktionellen Befunden? 1. Die bukkale Anfärbung bei 37 weist auf ein habituelles (= schmerzbedingtes) Ausweichen zur Balanceseite. 2. Die breite Anfärbung deutet auf Heavy Bruxismus. 3. Die kleine Schmelzwand lingual von der distolingualen Erosion ist eine fast vertikale (!) schiefe Ebene. 4. Der lingual gelegene Haarriss wurde dann schließlich auf dieser Aufnahme entdeckt (USB-Intraoralkamera von Ebay für 80 Euro).* – ***Abb. 5:*** *Balkentheorie (einseitig fixierter Balken). Schiefe Ebenen lenken die Kaukraft in eine Normalkraft und in eine Querkraft um. Die Querkraft wird wegen dem Winkelhebel L:B am Alveolenrand zu einer mehrfach größeren Zug- und Druckkraft.*



5

Hebeleffekt und Balkentheorie

Die Problematik der schiefen Ebenen ist ihr großer Hebeleffekt. Die Balkentheorie, ein Spezialgebiet der Mechanik ***(Abb. 5)***, zeigt, wo diese auftreten: am Übergang von frei beweglichem zu starr gelagertem Dentin. Diese Stelle ist meistens an der Höckerbasis neben Amalgam ***(Abb. 6 rechts)*** und am Zahnhals ***(Abb. 4, bitte genau beobachten!)*** anzutreffen. Abbildung 6 zeigt einige Beispiele. Sie gehen von der Kaukraft von 20 N aus, die typisch ist bei Brotrinde, Nüssen, Rohkost, Trockenfleisch, Kaugummi usw. Die schiefe Ebene beim Frontzahn kann aus 20 N mit einem Hebeleffekt von 4:1 eine Zugspannung von 10 MPa verursachen. Zum Vergleich: der Reifendruck eines Pws beträgt 0,25 MPa. An der Höckerbasis eines Molaren mit einer Amalgamfüllung kann chronisch eine Zugspannung von 40 MPa entstehen ***(Abb. 6 rechts)***. Das überschreitet bei Weitem die Dauerfestigkeit des Dentins ***(Abb. 1)***.

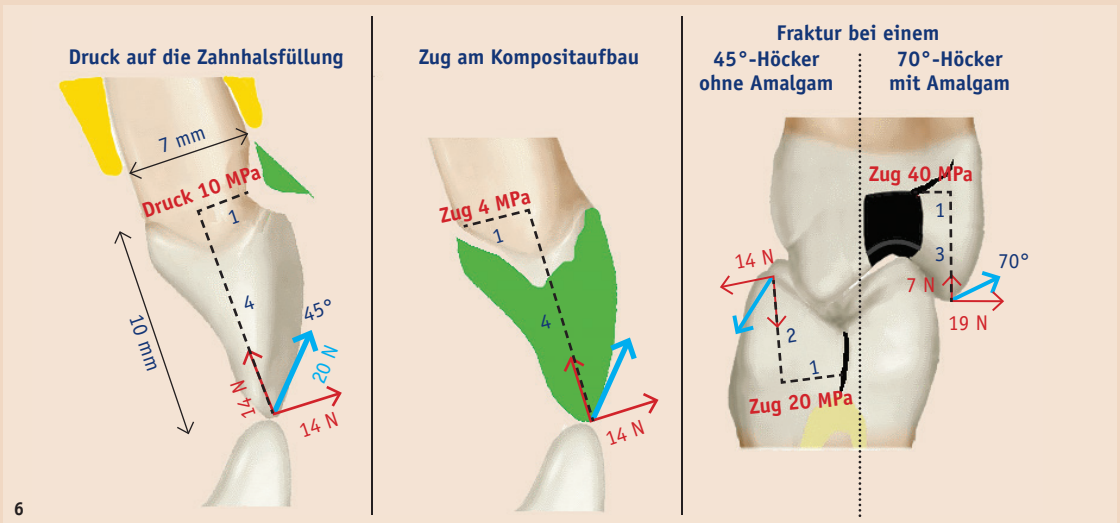
Umformen durch Einschleifen und Ansetzen

Zahnhalsfüllungen geraten beim Kauen und Abbeißen unter Druck ***(Abb. 6 links)***. Er presst die Füllung wegen der keilförmigen Geometrie buchstäblich aus der Kavität hinaus. Zur Abhilfe genügen zwei Retentionsrillen am gingivalen und inzisalen Kavitätenrand ***(Abb. 7 links und Abb. 8)***.

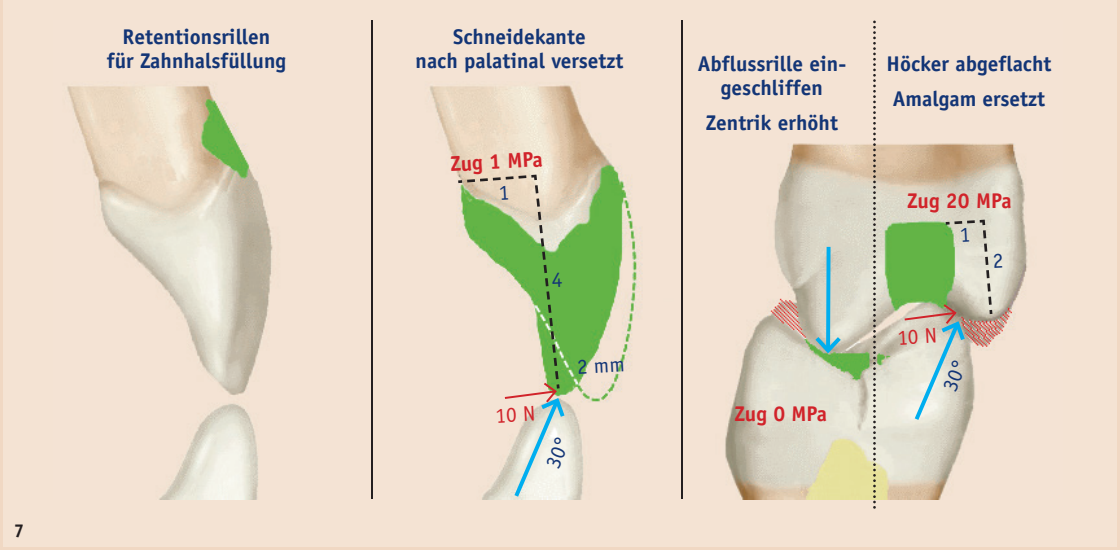
Frontzahnaufbauten werden beim Abbeißen auf der palatinalen Seite vom Zahn weggezogen ***(Abb. 6 Mitte)***. Um den Zug zu verkleinern, wird der Kontaktpunkt nach palatinal verlegt ***(Abb. 7 Mitte und Abb. 9)*** und die Adhäsion durch palatinale Pins gesichert (s. u.).

Prämolaren- und Molarenhöcker neben alten Amalgamfüllungen brechen oft wegen zunehmenden Zugkräften ab ***(Abb. 6 rechts)***. Sie sind von vornherein hoch, weil Amalgam nicht am Dentin klebt, und nehmen zu, weil die Abrasion die schiefen Ebenen vergrößert. Bei der Reparatur kann man die schiefen Ebenen verkleinern, lange, breite Höcker kürzen, Abflussrillen einschleifen sowie antagonistische Höckerspitzen kürzen bei tiefen Kaugruben, okklusalen Erosionen und abradierten Füllungen ***(Abb. 7 rechts)***. Ist der Boden einer Kavität eine schiefe Ebene, so wird sie ebenfalls mit einer Retentionsrille versehen, damit das Komposit nicht abrutscht ***(wie Abb. 8)***.

Die Prognose ist gut, wenn die Füllung nicht zu groß ist und die Zahnhälfte noch mindestens 2 mm Dentin hat. Ist weniger Dentin vorhanden, sollte man eine Krone machen. Wenn man Patienten mit Heavy Bruxism und Kauschmerzen frühzeitig diagnostiziert, kann man prophylaktische, konservierende und minimalinvasive Maßnahmen vorschlagen, Rezidive verhindern und beim Patienten das Kaugefühl verbessern.



6



7

Pins und Drähte

Bereits eine Kraft von 20 N löst einen Blitzschmerz aus, wenn diese ein hartes Körnchen quer gegen einen Frontzahn oder Höcker drückt. Dieser Schmerz signalisiert oft ein Risswachstum. Die Zugfestigkeit wird in MPa (= N/mm²) gemessen und gibt an, wie viel Zug einen 1 mm² dicken Teststab zerbrechen kann. Abbildung 10 links zeigt ein Beispiel. Die vier Kompositzapfen haben je einen Durchmesser von etwa 1,2 mm. Die Frakturfläche beträgt folglich je 1,13 mm² (0,6 x 0,6 x ϖ).

Zugfestigkeit	MPa
Schmelz	10
Knorpel	20
Dentin, Komposit, Amalgam, Dentinadhäsion	20–80
Sehne, Wurzelzement	100
Knochen, Kuhhorn	130–150
Zirkon, Keramik	1.000

Tab. 1: Die Zugfestigkeit ist die Kraft, bei der im Zugversuch ein Teststab mit einer Querschnittsfläche von 1 mm² zerreißt.

0,2%-Dehngrenze	MPa
Dentin, Komposit, Glasfasern (EverStick®)	30
Nickel-Titan (Nitinol®)	100
Reintitan (Filpin®)	210
Ti64 (TMS®, FO-Pins®)	228
SS-Draht (Permachrome®)	304
Kobaltnickelchrom (Parafix®)	468

Tab. 2: Bei der 0,2%-Dehngrenze wird ein Teststab (1 x 1 mm) im Zugversuch um 0,2% gedehnt. Bei dieser Dehnung entstehen bei vielen Materialien die ersten Mikrorisse.

Die Zugfestigkeit von Komposit beträgt nur etwa 20 MPa *(Tab. 1)*. Ein Kompositzapfen bricht folglich bei einer Zugkraft von 23 N (1,13 mm² x 20 MPa). Das ist viel zu wenig für einen dauerhaften Erfolg. Deshalb sind Pins erforderlich. Sie wandeln die Zugkräfte, welche die Adhäsion gefährden, in Druckkräfte um, die das Dentin längs des Pins problemlos ertragen kann. Aber Achtung: Das Komposit muss sorgfältig in kleinen Portionen um die Pins und auf das Dentin aufgetragen werden! Es muss kleben und es darf keine Luft zwischen Komposit und Dentin eingeschlossen werden! Grundlegend zu wissen ist die Abzugskraft eines Pins: Er reißt etwa bei einem Zug von 100 N aus dem Dentin heraus. Werden zwei Pins nebeneinander mit verschiedenen Winkeln gesetzt, so werden die Retention und die Widerstandsfähigkeit gegen Torsion (bei nicht symmetrischem Bissmuster) massiv erhöht.

Kräfte verursachen immer auch eine Verformung. Komposit und Dentin brechen, wenn sie etwa 0,3 Prozent gedehnt werden. Pins und Drähte können diese Dehnung dank ihrer robusten 0,2 Prozent-Dehngrenze perfekt verhindern *(Tab. 2)*. Abbildung 10 rechts zeigt eindrücklich die Verstärkung der Adhäsion mit Pins. Ihr Durchmesser von 0,6 mm ergibt eine Querschnittsfläche von 0,28 mm² (0,3 x 0,3 x ϖ). Daraus berechnet sich beim Filpin® eine 0,2 Prozent-Dehnung bei 59 N (0,28 mm² · 210 MPa) und bei den Parafix®-Pins bei 131 N (0,28 mm² · 468 MPa). Diese Werte kann nur ein Biss von 30 N resp. 65 N erreichen, was deutlich über der Schmerzgrenze von 20 N liegt.

Abbildung 11 zeigt die Verstärkung eines Zahns gegen eine erneute Längsfraktur mithilfe von zwei Drähten. Sie machen das Komposit sowohl zugfester als auch ermüdungsfester. Der Patient ist (und bleibt ziemlich sicher) ein Heavy Bruxer. Deshalb wurden flache Höcker modelliert. Sie verursachen nur Querkräfte von etwa 50 Prozent der Kaukraft ***(siehe Abb. 7 rechts)***. Das Komposit verbindet sich mit dem Draht durch die Polymerisationsschrumpfung (Pressfassung) und durch die Drahtbiegungen. Primer und Sandstrahlen sind nicht nötig. Ein 16 x 22-Draht (0,41 mm x 0,56 mm = 0,23 mm²) aus Permachrome® dehnt sich erst bei 70 N um 0,2 Prozent (0,23 mm² x 304 MPa), wozu eine Kaukraft von 140 N nötig ist. Bei Prämolaren genügt eine solche Klammer. Aber bei Molaren und Heavy Bruxism sind zwei Drähte nötig, damit die Füllung 280 N aushalten kann. Für die Reparatur eines längsfrakturierten Zahnes (und Vermeidung einer Extraktion und eines Implantates) nehmen die Patienten einen sehr langen Anfahrtsweg in Kauf!

Wer die Mechanik der Zähne studieren möchte, findet auf *www.zahnarztweilenmann.ch/#Wissenschaftliches,Mechanik* viele weitere Informationen. Auch Herr Rueppel ist gerne bereit, allfällige Fragen zur Mechanik zu beantworten. DT

*Abb. 6: Frakturen. Die immer gleiche Kaukraft von 20 N (blau) verursacht je nach dem Auftreffwinkel und Hebeleffekt (schwarz) verschiedene Druck- und Zugspannungen (rot). – **Abb. 7:** Umformungen. Links: Die Retentionsrille verunmöglicht jede Luxation. Mitte: Verlagerung der Inzisalkante um 2 mm nach palatinal vermindert die Querkraft und senkt die Zugspannung. Rechts: Horizontale Kontakte sind zugfrei. Abflussrillen verbessern die Schneidleistung und vermindern so die nötige Kaukraft.*

Kontakt

Dr. med. dent.
Walter Weilenmann

Zentralstr. 4
8623 Wetzikon, Schweiz
Tel.: +41 44 9303303
w.weilenmann@hispeed.ch
www.zahnarztweilenmann.ch

MSc ETH Marvin Rueppel

MSc ETH in
Mechanical Engineering
Nordstr. 294
8037 Zürich, Schweiz
rueppel@arch.ethz.ch

*Abb. 8: Retentionsrille auf schiefer Ebene. Zahn 23, Patientin 80-jährig. Links: Keilförmiger Defekt in sklerotischem Dentin. Rechts: Retentionsrille am gingivalen Rand. Winkelstück beidhändig geführt, langsamtourig, leichthändig, neuer Rosenbohrer, Fingerkuppen auf den Zähnen abgestützt. – **Abb. 9:** Verlagerung des Kontaktpunktes. Zahn 23, keine Seitenzähne, Patientin 87-jährig. Kontaktpunkt nach palatinal verlegt und horizontalisiert zur Verminderung der Querkraft (Prämolarisierung). – **Abb. 10:** Verstärkung der Adhäsion. Zahn 11, Aufbau nach nur 2 Jahren abgebrochen. Patientin 83-jährig. Links: ein verbogener Filpin® labial (Ø 0,6 mm, Filhol) und 4 abgebrochene Komposit-Zapfen (Ø je 1,2 mm). Auf dem sklerotischen Dentin zwischen den Zapfen hat die Adhäsion völlig versagt. Rechts: Die Reparatur erfolgte mit zwei palatinal gelegten Parafix-Pins (nach Prof. J. Wirz). – **Abb. 11:** Verstärkung der Kohäsion. Zahn 46, linguale Höckerwand subgingival frakturiert, Patient 37-jährig. Links: Wurzelfüllung und zwei Retentionen für die Drahtverstärkungen. Mitte: vor dem letzten Komposit-Inkrement. Rechts oben: Schlussbild. Rechts unten: Draht mit Biegungen (16 x 22 Permachrome-Standard Drahtbogen, 3M Unitek).*