

Jan Behring

Die Restauration tief zerstörter Zähne

Die Bedeutung von Ferrule-Effekt und biologischer Breite

**Jan Behring**

Dr. med. dent., M.Sc.
Praxis Dr. Behring und
Partner in Hamburg
Wandsbeker Chaussee 44
22089 Hamburg
E-Mail: j.behring@behring-
und-partner.de

INDIZES *dentogingivaler Komplex, biologische Breite, Ferrule-Effekt*

Die prä- oder postendodontische Restauration eines tief zerstörten Zahnes stellt eine besondere Herausforderung für den Zahnarzt dar. In einer Reihe von mehreren Artikeln sollen in diesem Endodontie-Themenheft verschiedene Techniken zur Versorgung eines tief frakturierten oder durch Karies zerstörten Zahnes beschrieben und bewertet werden. In diesem ersten Beitrag werden die biologischen und technischen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Restauration beschrieben. Insbesondere wird auf das Konzept der biologischen Breite und den sogenannten Ferrule-Effekt eingegangen.

■ Einleitung

Der Erhalt tief zerstörter Zähne stellt eine tägliche Herausforderung für jeden Zahnarzt dar. Obgleich die zahnmedizinische Implantologie heute ein sicheres Verfahren zum Ersatz solcher Zähne ist und die Überlebensraten von Implantaten

auch über einen langen Zeitraum sehr hoch sind, ist und bleibt der langfristige Erhalt natürlicher Zähne ein Hauptanliegen der modernen Zahnheilkunde.

Die Probleme, die sich dem Zahnarzt beim Erhalt tief zerstörter Zähne darstellen, lassen sich grundsätzlich in drei Kategorien einteilen (Tab. 1).

Praktische Probleme	Ziele / Forderungen
Restauration erschwert, Kofferdam nicht platzierbar, Abformung erschwert	Schaffung eines ausreichenden Abstandes zwischen Restaurationsrand und Knochen
Biologische Probleme	Lösungsmöglichkeiten
Verletzung der biologischen Breite bei neu definiertem Restaurationsrand	Schaffung eines ausreichenden Abstandes zwischen Restaurationsrand und Knochen
Ferrule-Effekt würde die biologische Breite verletzen	Schaffung eines ausreichenden Abstandes zwischen Restaurationsrand und Knochen trotz Ferrule-Design Alternativ: Schaffung einer ausreichenden Retention und Stabilität des Stumpfes ohne Ferrule-Design
Präparation im Furkationsbereich	Schaffung eines ausreichenden Abstandes zwischen Restaurationsrand und Furkationseingang
Mechanische Probleme	Lösungsmöglichkeiten
Ferrule-Effekt verschlechtert Kronen-Wurzel-Verhältnis und/oder erfordert hohen Zahnhartsubstanzverlust	Schaffung einer ausreichenden Retention und Stabilität des Stumpfes ohne Ferrule-Design

Tab. 1 Herausforderungen bei der Restauration tief zerstörter Zähne.

Manuskript

Eingang: 20.10.2017
Annahme: 01.11.2017

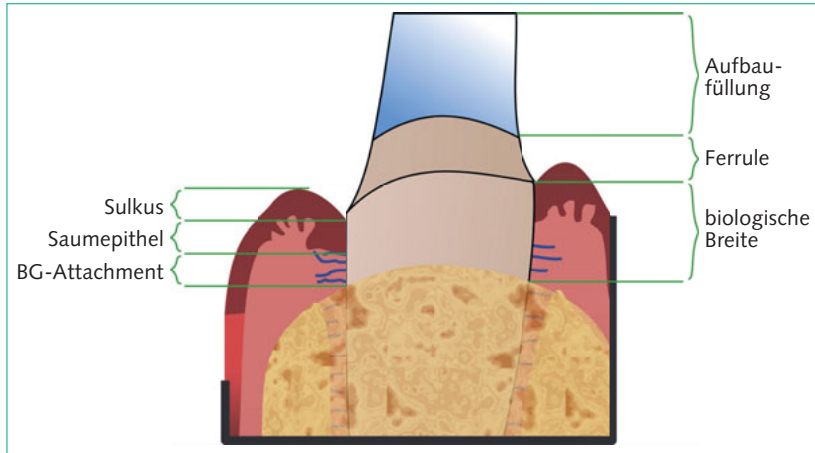


Abb. 1 Der dentogingivale Komplex mit biologischer Breite und adäquatem Ferrule-Design.

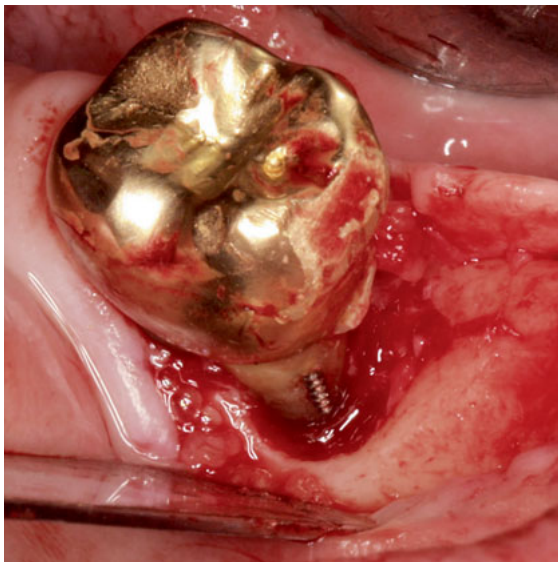


Abb. 2 Verletzung der biologischen Breite durch Wurzelstiftperforation mit zirkulärer Resorption des Alveolar-knochens.

■ Die biologische Breite und ihre Relevanz bei der Restauration tief zerstörter Zähne

Die biologische Breite wird im Allgemeinen auf eine Arbeit von Gargiulo et al. aus dem Jahr 1961 zurückgeführt¹ (siehe All Time Classics, S. 395). In dieser Arbeit wurden erstmals konkrete Richtwerte für die Dimensionen der Weichgewebe über dem Knochen beschrieben, auch wenn die Autoren diese Zahlen nur durch die Untersuchung von präparierten Leichenköpfen ermittelten (Abb. 1). Der Begriff der biologischen Breite wurde erst ein Jahr später durch Cohen² als die addierte Breite der Zonen des Saumepithels und des bindegewebigen Attachments über dem alveolären Knochenkamm geprägt und wird seither entsprechend genutzt³. Die biologische Breite wird meist nach Gargiulo et al.¹ mit 2,04 mm angegeben. Nevins und Skurow addierten aus praktischen Erwägungen 1984 auch die Zone des offenen Sulkus hinzu und rundeten die von ihnen beschriebene „Dentogingival Junction“, welche oftmals fälschlich synonym zur biologischen Breite verwendet wird, auf einen Wert von durchschnittlich 3 mm auf⁴. Wie durch eine Reihe von Veröffentlichungen gezeigt wurde, variiert die biologische Breite jedoch je nach Zahnfläche und Zahngruppe⁵, nach dem parodontalen Zustand des Zahnes⁶ und nach dem Alter des Patienten¹.

Die biologische Breite stellt in Abwesenheit einer durchgängigen Hautbarriere am Übergang zwischen Zahn und Gingiva einen möglichst dichten Abschluss zwischen dem Mundraum und dem Körperinneren dar. Insbesondere die Zone des sogenannten bindegewebigen Attachments als Abschluss vor dem Knochen scheint von größter Bedeutung für die Gewebsintegrität zu sein^{7,8}.

Die Verletzung der biologischen Breite (Abb. 2) wurde in vielen Arbeiten als abträglich für die parodontale Gesundheit beschrieben: Die Folgen können eine erhöhte Blutungsneigung, Gingivitis (Abb. 3a bis c) und vor allem Attachmentverlust beinhalten⁹⁻¹² (Abb. 4). In tierexperimentellen Studien wurde histologisch gezeigt, dass nicht eine kleinflächige Verletzung des Zahnes als solche, sondern erst die Restauration dieser Dentinverletzung zu einer dauerhaften Verletzung der biologischen Breite führt^{11,12}. Es kann somit gefolgert werden, dass es erst dann zu den oben genannten Symp-

Die Lösungsbedingungen für diese Probleme sind teilweise nicht nur unterschiedlich, sondern sogar gegensätzlich, woraus sich ergibt, dass eine einzelne Behandlungsmaßnahme oder Technik nicht jedes dieser Probleme gleichzeitig lösen kann. Vielmehr muss der Zahnerhalter individuell für jeden Einzelfall die verschiedenen Techniken prüfen und sie gegebenenfalls sogar kombiniert anwenden.

Während sich die in der Kategorie „praktische Probleme“ (siehe Tab. 1) dargestellten Schwierigkeiten von selbst erklären, soll auf die Begriffe der biologischen Breite und des Ferrule-Effektes vorab eingegangen werden.

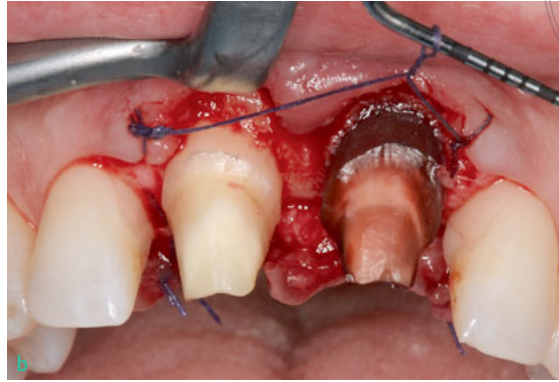


Abb. 3a bis c Gingivitis durch Verletzung der biologischen Breite: Zustand vor Behandlung (a), chirurgische Kronenverlängerung (b), Zustand nach Wiederherstellung der biologischen Breite (c).

Abb. 4 Knochenverlust durch eine Verletzung der biologischen Breite.

tomen kommt, wenn der Körper nicht in der Lage ist, ein neues bindegewebiges Attachment zwischen Knochenkante und Mundhöhle zu etablieren. Da für ein solches Attachment Wurzelzement unerlässlich ist, erklärt sich, warum die Präsenz künstlicher Werkstoffe negativere Auswirkungen hat als eine unter Studienbedingungen hergestellte kleinflächige Dentinwunde („Notch“). Folglich beschreiben diverse Autoren die negativen Auswirkungen von subgingivalen Restaurationen auf die parodontale Gesundheit^{7,11,13–16}. In einigen Studien wird von einer „Dose-response-relationship“ berichtet, also einer Abhängigkeit der parodontalen Reaktion vom Ausmaß der Verletzung der biologischen Breite in Bezug auf die Tiefe und Suffizienz des Restaurationsrandes^{17–20}. Nugala et al. weisen darauf hin, dass je nach Dicke des alveolären Knochens unterschiedliche Reaktionen des Körpers bei einer Verletzung der biologischen Breite beobachtet werden²¹. So kommt es bei einem dünnen alveolären Knochen durch ossäre Resorption und gingivale Rezession

eher zur Wiedereinstellung der biologischen Breite, während es bei einem dickeren alveolären Knochen (z. B. interdental) eher zu einer dauerhaften gingivalen Entzündung kommt^{21,22} (siehe Abb. 3a bis c).

Somit lässt sich in Bezug auf die biologische Breite festhalten:

1. Restaurationsränder sollten nicht tiefer als bis in den parodontalen Sulkus verlegt werden⁴.
2. Wenn die biologische Breite im Rahmen einer Restaurierung leicht (nicht dichter als einen Millimeter an die Knochenkante heran) verletzt wird, so sollte dies mit glatten, polierten Restaurationen und möglichst nicht mit Kronenrändern oder anderen biologisch störenden Rändern geschehen^{19,20}.
3. Keinesfalls sollte bis in die Zone des bindegewebigen Attachments präpariert, bzw. restauriert werden^{7,8,21}.
4. Verletzt eine Restauration das bindegewebige Attachment, sollte die biologische Breite therapeutisch wiederhergestellt werden^{7,21}.

Abb. 5a bis c Herstellung einer Ferrule-Zone durch eine chirurgische Kronenverlängerung: Ausgangssituation (a). Verlängerte Stümpfe zwei Wochen nach chirurgischer Behandlung mit apikalem Verschiebelappen und freier Granulation (b). Langzeitprovisorium in situ (c).



■ Die Ferrule-Präparation und der Ferrule-Effekt

Einer traditionellen Forderung der Prothetik folgend, sollte der Rand einer künstlichen Krone apikal der Aufbaufüllung durch eine parallelwandige Dentinzone gefasst werden, um die Friktion der Krone sicherzustellen²³ (siehe Abb. 1). Es wird dabei davon ausgegangen, dass nicht-dentinadhäsive Aufbaufüllungen selbst kaum zum Retentionsgewinn beitragen, sondern eine passive Funktion ausüben²⁴. Da prospektive Studien oder gar randomisierte klinische Studien (RCTs) zur Überprüfung dieser These als Endpunkt eine Fraktur des Zahnstumpfes unter der Krone oder zumindest den Kronenverlust aufweisen müssten, sind diese Studien technisch schwierig durchzuführen und ethisch nicht vertretbar²⁵. Auch retrospektive Studien sind aufgrund der insgesamt geringen Fraktur- bzw. Verlustrate kaum aussagekräftig²⁶. Der Ferrule-Effekt, welcher sich aus der entsprechenden Präparationsform ergibt, konnte daher nur in Abscherversuchen^{27–30} oder Computermodellen^{31,32} überprüft werden. Oftmals werden in diesen Studien jedoch mehrere Effekte

gleichzeitig untersucht. So wird oft die Stiftverankerung von Aufbauten bei wurzelkanalbehandelten Zähnen oder das Material der Aufbaufüllung als zusätzliche Variable eingesetzt^{27,28,33}. In zahlreichen Studien wurden oftmals traditionelle, substanzopfernde und nicht-adhäsive Aufbaumaterialien wie Goldkernaufbauten oder Metallstifte^{30,33,34} verwendet. Ein direkter Vergleich mit den heute üblichen substanzschonenden adhäsiven Aufbaufüllungen ist also fraglich. In einem systematischen Review zum Ferrule-Effekt stellten Stanckiewicz und Wilson 2002 außerdem fest, dass die Kräfte, welche bei Abscherversuchen *in vitro* oder in Computersimulationen aufgewendet werden mussten, um das Dezentieren einer künstlichen Krone bzw. die Fraktur des Zahnstumpfes zu provozieren, höher sind als in der Realität vorkommend²⁵.

Es kann somit zusammengefasst werden, dass in der Literatur der Nutzen einer Ferrule-Präparation zwar messbar dargestellt werden kann, es aber wenig Evidenz für einen Ferrule-Effekt *in vivo* gibt. Hieraus darf aber nicht gefolgert werden, dass ein Ferrule-Effekt *in vivo* nicht existiert, er kann nur aus technischen und ethischen Gründen nicht nachgewiesen werden. Im Bereich der sogenannten Level-5-Evidenz, also der Empfehlungen erfahrener Zahnärzte, sind Ferrule-Präparationen auch heute noch in Sondersituationen wie flächig zerstörten oder horizontal frakturierten Zähnen oder bei Stümpfen mit einer hohen zu erwartenden Abscherbelastung (z. B. Frontzahnkronen, Teleskopzähne) dringend zu empfehlen²⁴ (Abb. 5a bis c). Auch kann eine Ferrule-Präparation nützlich sein, um bei kurzen oder gewinkelten Stümpfen die Friktionsfläche zu erhöhen^{35,36}. Der Literatur folgend sollte

eine solche parallelwandige Dentinzone zwischen 1,5 und 2,0 mm breit sein^{25,37}. Bei breiteren Zonen zeigt sich kein zusätzlicher Effekt^{23,29,33}. Die Forderung nach einer grundsätzlichen Abdeckung der Aufbaufüllung durch einen Restaurationsrand, ob mit oder ohne zusätzliche Ferrule-Präparation, muss im Einzelfall jedoch mit Blick auf die Möglichkeiten der Adhäsivtechnik^{30,34,35,38} und der Proximal Box Elevation³⁹ infrage gestellt werden. Insbesondere bei tief zerstörten Zähnen ist ein Ferrule-Design oft nur durch Kombination mit einer Kronenverlängerung (oder Extrusion) zu erreichen, wodurch es zu Attachmentverlust, einer Schwächung des Restzahnes^{40,41} und einem schlechteren Kronen-Wurzel-Verhältnis kommt⁴².

Es darf daher gemäß der Schlussfolgerung von Stanckiewicz und Wilson resümiert werden, dass die Schaffung eines Ferrule-Designs grundsätzlich posi-

tiv zu werten ist, aber nur im Ausnahmefall hierfür ein zusätzlicher Attachmentverlust in Kauf genommen werden sollte²⁵.

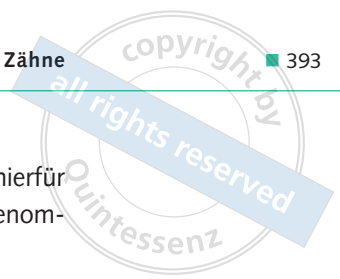
■ Schlussfolgerung

Die Restauration tief zerstörter Zähne kann mit verschiedenen therapeutischen Techniken erzielt werden. Allen gemeinsam ist der Anspruch, das Prinzip der biologischen Breite einzuhalten, idealerweise in Kombination mit der Präsenz eines Ferrule-Designs.

In den nachfolgenden Artikeln dieser Ausgabe der „Endodontie“ wird dem Leser eine Übersicht über die wichtigsten Techniken zum prä- oder post-endodontischen oder posttraumatischen Erhalt tief zerstörter Zähne dargelegt und abschließend Entscheidungshilfen für die tägliche Praxis formuliert.

■ Literatur

- Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 1961;32:261–267.
- Cohen D. Biologic Width. Lecture, Reed Army Medical Center, Washington DC, 1962.
- Ingber JS, Rose LF, Coslet JG. The “biologic width” – a concept in periodontics and restorative dentistry. *Alpha Omegan* 1977;70:62–65.
- Nevins M, Skurow HM. The intracrevicular restorative margin, the biologic width, and the maintenance of the gingival margin. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1984;4:30–49.
- Perez JR, Smukler H, Nunn ME. Clinical dimensions of the supraosseous gingivae in healthy periodontium. *J Periodontol* 2008;79:2267–2272.
- Novak MJ, Albather HM, Close JM. Redefining the biologic width in severe, generalized, chronic periodontitis: implications for therapy. *J Periodontol* 2008;79:1864–1869.
- Jorgiê-Srdjak K, Planêak D, Mariêeviê T, Dragoo MR, Bopnjak A. Periodontal and prosthetic aspects of biological width. Part I: Violation of biologic width. *Acta Stomatol Croat* 2000;34:195–197.
- Makigusa K. Histologic comparison of biologic width around teeth versus implant: The effect on bone preservation. *J Implant Reconstr Dent* 2009;1:20–24.
- Günay H, Seeger A, Tschernitschek H, Geurtsen W. Placement of the preparation line and periodontal health – a prospective 2-year clinical study. *Int J Periodont Rest Dent* 2000;20:171–181.
- Valderhaug J. Periodontal conditions and carious lesions following the insertion of fixed prostheses: a 10-year follow-up study. *Int Dent J* 1980;30:296–304.
- Tal H, Solding M, Dreiangel A, Pitaru S. Periodontal response to long-term abuse of the gingival attachment by supracrestal amalgam restorations. *J Clin Periodontol* 1989;16:654–659.
- Parma Benfenati S, Chiesa A, Rittà A, Di Fulvio W. Gingivoplasty. *G Stomatol Ortognatodonzia* 5:57–58.
- Dragoo MR, Williams GB. Periodontal tissue reactions to restorative procedures, part II. *Int J Periodont Rest Dent* 1982;2:34–45.
- Maynard JG, Wilson RD. Physiologic dimensions of the periodontium significant to the restorative dentist. *J Periodontol* 1979;50:170–174.
- Richter WA, Ueno H. Relationship of crown margin placement to gingival inflammation. *J Prosthet Dent* 1973;30:156–161.
- Valderhaug J, Ellingsen JE, Jokstad A. Oral hygiene, periodontal conditions and carious lesions in patients treated with dental bridges. A 15-year clinical and radiographic follow-up study. *J Clin Periodontol* 1993;20:482–489.
- Flores-de-Jacoby L, Zafiropoulos GG, Ciancio S. Effect of crown margin location on plaque and periodontal health. *Int J Periodont Rest Dent* 1989;9:197–205.
- Gilmore N, Sheiham A. Overhanging dental restorations and periodontal disease. *J Periodontol* 1971;42:8–12.
- Lang NP, Kiel RA, Anderhalden K. Clinical and microbiological effects of subgingival restorations with overhanging or clinically perfect margins. *J Clin Periodontol* 1983;10:563–578.
- Orkin DA, Reddy J, Bradshaw D. The relationship of the position of crown margins to gingival health. *J Prosthet Dent* 1987;57:421–424.
- Nugala B, Kumar BS, Sahitya S, Krishna PM. Biologic width and its importance in periodontal and restorative dentistry. *J Conserv Dent* 2012;15:12–17.
- Waerhaug J. Healing of the dento-epithelial junction following subgingival plaque control. II: As observed on extracted teeth. *J Periodontol* 1978;49:119–134.
- Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990;63:529–536.
- Frankenberger R, Behr M. Aufbaufüllungen für einen vitalen Zahn (Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK), 2005 (http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/Aufbaufuellungen_fuer_einen_vitalen_Zahn.pdf)
- Stankiewicz NR, Wilson PR. The ferrule effect: a literature review. *Int Endod J* 2002;35:575–581.
- Torbjörner A, Karlsson S, Odman PA. Survival rate and failure characteristics for two post designs. *J Prosthet Dent* 1995;73:439–444.



27. Tan PLB, Aquilino SA, Gratton DG, Stanford CM, Tan SC, Johnson WT, Dawson D. In vitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configurations. *J Prosthet Dent* 2005;93:331–336.
28. Pereira JR, de Ornelas F, Conti PCR, do Valle AL. Effect of a crown ferrule on the fracture resistance of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts. *J Prosthet Dent* 2006;95:50–54.
29. Zhi-Yue L, Yu-Xing Z. Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prosthet Dent* 2003;89:368–373.
30. Goto Y, Nicholls JI, Phillips KM, Junge T. Fatigue resistance of endodontically treated teeth restored with three dowel-and-core systems. *J Prosthet Dent* 2005;93:45–50.
31. Ichim I, Kuzmanovic D V, Love RM. A finite element analysis of ferrule design on restoration resistance and distribution of stress within a root. *Int Endod J* 2006;39:443–452.
32. Pierrisnard L, Bohin F, Renault P, Barquins M. Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: a mechanical study using finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2002;88:442–448.
33. Libman WJ, Nicholls JI. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. *Int J Prosthodont* 8:155–161.
34. Junge T, Nicholls JI, Phillips KM, Libman WJ. Load fatigue of compromised teeth: a comparison of 3 luting cements. *Int J Prosthodont* 11:558–564.
35. Wiskott HW, Nicholls JI, Belser UC. The effect of tooth preparation height and diameter on the resistance of complete crowns to fatigue loading. *Int J Prosthodont* 10:207–215.
36. Wiskott HW, Nicholls JI, Belser UC. The relationship between abutment taper and resistance of cemented crowns to dynamic loading. *Int J Prosthodont* 9:117–139.
37. Stankiewicz N, Wilson P. The ferrule effect. *Dent Update* 2008;35:222–224, 227–228.
38. Hsu Y Bin, Nicholls JI, Phillips KM, Libman WJ. Effect of core bonding on fatigue failure of compromised teeth. *Int J Prosthodont* 15:175–178.
39. Kielbassa AM, Philipp F. Restoring proximal cavities of molars using the proximal box elevation technique: Systematic review and report of a case. *Quintessence Int* 2015;46:751–764.
40. Gegauff AG. Effect of crown lengthening and ferrule placement on static load failure of cemented cast post-cores and crowns. *J Prosthet Dent* 2000;84:169–179.
41. Meng Q-F, Chen Y-M, Guang H-B, Yip KHK, Smales RJ. Effect of a ferrule and increased clinical crown length on the in vitro fracture resistance of premolars restored using two dowel-and-core systems. *Oper Dent* 2007;32:595–601.
42. al-Hazaimeh N, Gutteridge DL. An in vitro study into the effect of the ferrule preparation on the fracture resistance of crowned teeth incorporating prefabricated post and composite core restorations. *Int Endod J* 2001;34:40–46.

Restoration of subgingivally destroyed teeth—The significance of the ferrule effect and biologic width

KEYWORDS *dento-gingival complex, biologic width, ferrule effect*

Pre- or postendodontic restoration of subgingivally destroyed teeth presents a challenging task for any dentist. In a sequence of articles, techniques for successful treatment of fractured or deeply decayed teeth are presented. This first article describes biologic and technical prerequisites with an emphasis on the concept of biologic width and the so-called ferrule effect.