

## Biologische Grundlagen der ästhetischen Kronenverlängerung mithilfe neuer Proportionssonden



Paul Fletcher, DDS\*

*Untersuchungen haben gezeigt, dass Ärzte bei einer Kronenverlängerung meistens einen zu geringen Anteil der Zahnschubstanz freilegen. Im Frontzahnbereich kann dadurch die biologische Breite beeinträchtigt sein, was zu ästhetischen Problemen führt. Der vorliegende Artikel stellt ein biologisch basiertes mehrstufiges Vorgehen zur parodontalen ästhetischen Kronenverlängerung vor. Mithilfe mehrerer neuentwickelter Messsonden werden die optimale klinische Kronenlänge des Zahns sowie die angemessene okklusogingivale Lage der Interdentalpapille ermittelt. Dabei werden etablierte, dokumentierte Beziehungen der Zahnproportionen zugrunde gelegt. Anschließend wird die biologische Kronenlänge des Zahns, definiert als der Abstand zwischen Inzisalkante und Rand des Alveolarknochens im Verhältnis zur klinischen Kronenlänge bestimmt. Ziel ist eine ausreichende Zahnschubstanz für die Präparation des Restaurationsrands, die Wiederherstellung eines gesunden dentogingivalen Komplexes und die Platzierung einer ästhetisch ansprechenden definitiven Restauration. (Int J Periodontics Restorative Dent 2011;31:523–532.)*

\* Außerordentlicher Professor, Department of Periodontology, Columbia University College of Dental Medicine, New York, New York, USA; ehemaliger Klinischer Lehrbeauftragter, Department of Periodontology and Implant Dentistry, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

Korrespondenz an: Dr. Paul Fletcher, Specialized Dentistry of New York, 150 E. 58th Street, Suite 3200, New York, NY 10155, USA; Fax: +1 212-754-6753; E-Mail: pffletcher@sdyonline.com

Bei einem Eingriff zur Kronenverlängerung wird überschüssiges Gewebe entfernt und eine neue Zahnfleischkontur geschaffen oder es werden Gingiva und Knochen entfernt, um die klinische Krone zu verlängern, wenn das Angebot an solider Zahnschubstanz nicht für einen Restaurationsrand mit ausreichender Retention und Stabilität ausreicht. Ursachen sind meistens Caries profunda, Kronenfrakturen, ein unzureichender Restaurationsrand oder fehlgeschlagene Restaurationen. Außerdem werden im Rahmen des ästhetischen Restaurationsverfahrens gingivale Asymmetrien korrigiert und der dentogingivale Komplex ästhetisch optimiert. Bei diesem Verfahren nimmt neben der klinischen auch die biologische Kronenlänge zu, definiert als der Abstand zwischen Inzisalkante und Alveolarkamm<sup>1</sup>. Rosenberg et al.<sup>2</sup> stellten fest, dass dieses Therapieverfahren überwiegend durchgeführt wurde, um für eine Restauration gute Voraussetzungen in Bezug auf Ästhetik, Randschluss, Retention sowie Form und Funktion zu schaffen und dass es für den Erfolg der definitiven Restauration entscheidend ist.

Es besteht Uneinigkeit darüber, wie viel von der Zahnschubstanz oberhalb des Alveolarkamms für die Restauration freigelegt werden muss<sup>3–8</sup>. Dieser Artikel stellt ein biologisch

basiertes mehrstufiges Vorgehen zur ästhetischen Kronenverlängerung mithilfe mehrerer neuentwickelter farbkodierter Messsonden vor. Die optimale klinische Kronenlänge des Zahns wird anhand etablierter, dokumentierter Beziehungen der Zahnproportionen festgelegt. Anschließend wird die biologische Kronenlänge des Zahns, definiert als der Abstand zwischen Inzisalkante und Alveolarkamm im Verhältnis zur klinischen Kronenlänge, bestimmt, ebenso die angemessene Länge der Interdentalpapille. Ziel ist es, eine ausreichende Menge an Zahnschubstanz für einen Restaurationsrand zu schaffen sowie die Wiederherstellung eines gesunden dentogingivalen Komplexes und die Eingliederung einer ästhetischen definitiven Restauration zu ermöglichen.

In vielen unterschiedlichen Arbeiten wurden die zur biologischen Breite beitragenden Faktoren identifiziert und definiert<sup>1-4, 9, 10</sup>. Gargiulo et al.<sup>9</sup> ermittelten hierfür an menschlichen Leichen einen Durchschnittswert von 2,73 mm, davon 0,97 mm für das Epithelattachment, 1,07 mm für das Bindegewebsattachment und 0,69 mm für den Sulkus. In klinischen Studien betrug die Breite der supraalveolären keratinisierten Gingiva im ästhetischen Bereich im Mittel 3,6 mm<sup>11</sup> bei einer Sondierungstiefe von 3,0 mm an der mittfazialen Fläche des oberen zentralen Schneidezahns und von 3,0 bis 4,5 mm interproximal<sup>12</sup>.

Diese Befunde wurden histologisch bestätigt; zudem wurde postoperativ ein Gewebeverlust aller Komponenten des Zahnhalteapparats nachgewiesen<sup>13-15</sup>. Das Saume epithel wandert bis zum Knochenkamm, wenn die Wurzelglättung so weit reicht. Bleiben jedoch supraalveoläre Anteile parodontalen Ligaments erhalten, können sie sich wieder mit dem bindegewebigen Lappenanteil verbinden<sup>16</sup>.

Wenn bei der Operation alle Fasern entfernt werden, erfolgt eine Alveolarkammresorption von 0,4 bis 1,0 mm mit Freilegung der ligamentären Fasern, die sich mit den Bindegewebsfasern des inneren Lappenanteils vermischen und unter dem neugebildeten Saume epithel eine neue supraalveoläre Barriere aus Bindegewebe und Fasern bilden<sup>13, 17</sup>. Diese Barriere verhindert eine weitere Apikalmigration des Saume epithels, sodass dessen Blutgefäße den neugebildeten Halteapparat versorgen.

Es besteht eine allgemeine Übereinkunft darüber, dass für eine stabile Retention der Restauration mindestens 2 mm freiliegende Zahnschubstanz vorhanden sein müssen<sup>18</sup>. Addiert man diese Zahl zur mittleren Länge des Saume epithels von 0,97 mm und der Barriere aus Bindegewebe und Fasern von 1,07 mm, müssten supraalveolär idealerweise mindestens 4,0 mm Zahnschubstanz für den Restaurationsrand und die Wiederherstellung des Halteapparats zur Verfügung stehen. Bei einem geringeren Angebot sind eventuell die Restaurationsretention oder die biologische Breite beeinträchtigt. Im ästhetischen Bereich sind noch weitere Überlegungen erforderlich. Eine Restauration wird für gewöhnlich als nicht optimal eingestuft, wenn ihr Rand sichtbar ist. Auch ein deutlich entzündetes, gerötetes Gewebe beeinträchtigt das Behandlungsergebnis.

Die Gingivitis ist in der Regel umso stärker, je tiefer subgingival der Restaurationsrand liegt<sup>19, 20</sup>. Wie weit subgingival er liegen sollte, ist nicht eindeutig festgelegt, aber im Allgemeinen wird von 0,5 bis 1 mm ausgegangen, sofern der Patient keinen extrem dünnen Biotyp hat<sup>4, 19, 21-23</sup>. Da durch das Trauma, den Biotyp, den Eingriff zur Kronenpräparation, die Wurzelprominenz und die fortschreitende passive Eruption eine

Gingivarezession möglich sind, erscheint es wünschenswert, den Restaurationsrand im ästhetischen Bereich so weit wie klinisch möglich subgingival zu legen.

### Ästhetische Kronenverlängerung

Eines der wichtigsten Ziele der Zahnheilkunde ist es mittlerweile, nach einer restaurativen Behandlung eine optimale Ästhetik zu schaffen. Es gibt bereits viele restaurative Verfahren zur Verbesserung der Qualität einer definitiven Restauration. Daneben sind jedoch auch das Erreichen einer dauerhaft stabilen klinischen Kronenlänge und das Management des interdentalen Weichgewebes unter Berücksichtigung der Papillenveränderungen als Reaktion auf Änderungen von Zahnkontur und Kontaktbereich entscheidend.

#### Fallbericht

Ein 29-jähriger Patient war mit seinem Lächeln unzufrieden und wünschte die Veränderung von Größe und Form seiner oberen Schneidezähne (Abb. 1). Es erfolgte eine umfassende parodontale und restaurative Analyse. Dabei wurde die Indikation für eine ästhetische Kronenverlängerung mit anschließender ästhetischer Restauration der vier oberen Schneidezähne gestellt. Mithilfe von Chu-Aesthetic-Sonden (Hu-Friedy) (Abb. 2a bis c) wurden die korrekten klinischen Zahnängen im Verhältnis zur Zahnbreite und die korrektere Papillenposition im Verhältnis zur Zahnlänge ermittelt. Außerdem wurde mit den Sonden die korrekte biologische Länge jeder Krone im Verhältnis zu ihrer klinischen Länge festgelegt.

Basierend auf der Ästhetik und Phonetik wurde die gewünschte



Abb. 1 Klinischer Ausgangsbefund.

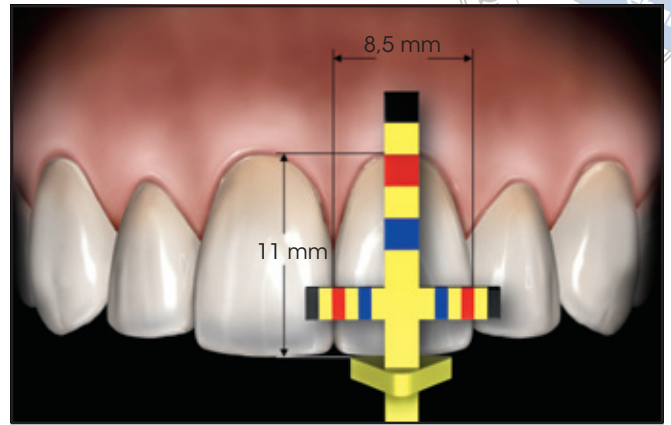


Abb. 2a T-Bar-Proportionssonde. Der Abstand der Farbmarkierungen auf dem horizontalen Balken beträgt 75 bis 80 % des Abstands der entsprechenden Farbmarkierungen auf dem vertikalen Balken.

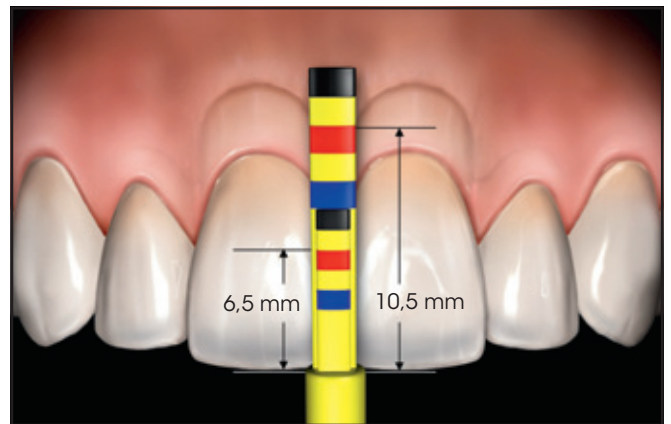
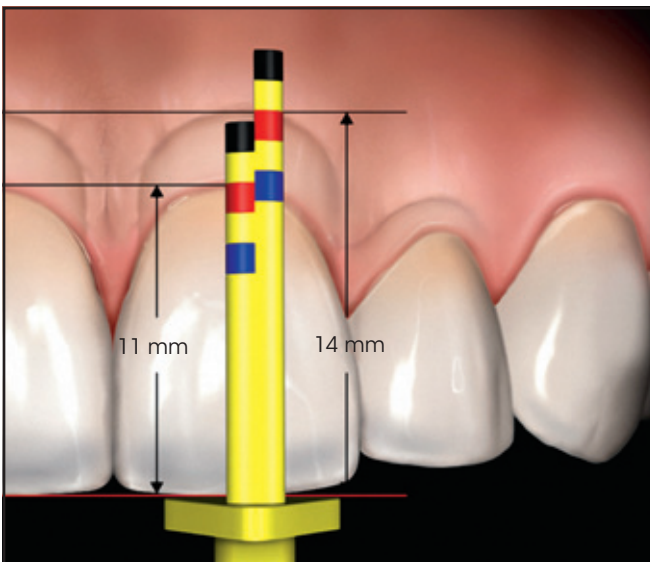
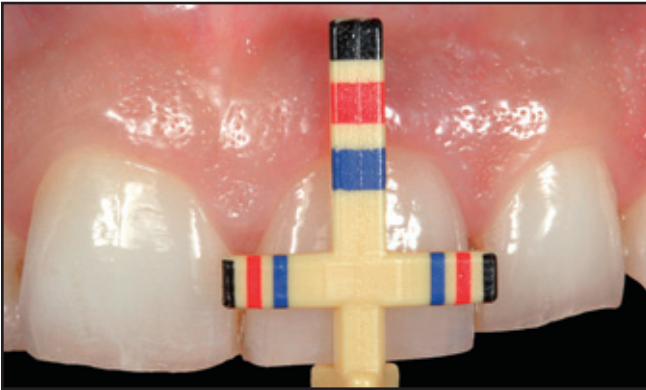


Abb. 2b (links) Kronenlängensonde (Biologic Periogauge). Die Farbmarkierungen auf dem längeren Balken liegen 3 mm weiter auseinander als dieselben Farbmarkierungen auf dem kürzeren Balken.

Abb. 2c (oben) Papillenspitzensonde.

Position der Inzisalkanten ermittelt. Dazu wird an der Inzisalkante Adhäsivmaterial aufgebracht und die Zahnlänge entsprechend eingestellt oder es wird ein Provisorium eingliedert. Anschließend wurde die Inzisalmarkierung der T-Balken-Proportionssonde auf die Inzisalkante des Zahns gelegt (Abb. 3). Da die ideale klinische Kronenlänge eines Frontzahns im Verhältnis zu seiner Breite steht, entsprechen die farbigen

Markierungen auf dem horizontalen (Breite) Messbalken der Proportionssonde den farbigen Markierungen auf dem vertikalen Messbalken (Länge). Die Kronenlängensonde (Biologic Periogauge, Abb. 2b) besitzt zwei Messbalken. Der kürzere misst die klinische Kronenlänge, seine Länge entspricht exakt derjenigen des vertikalen Balkens der Proportionssonde, der längere Balken gibt die biologische Kronenlänge an. Die far-



**Abb. 3** Proportionssonde in situ. Die Zahnbreite ergibt sich aus dem Abstand der Außenkanten der roten Markierungen auf dem horizontalen Balken. Die proportional entsprechende klinische Kronenlänge ergibt sich aus dem Abstand der Außenkanten der roten Markierungen auf dem vertikalen Balken.



**Abb. 4** Wechsel von der Proportionssonde zur Kronenlängensonde nach mittfazialer Schaffung der gewünschten klinischen Kronenlänge durch Platzierung von Blutungspunkten.

bigen Markierungen dieses Balkens sind 3 mm länger als die auf dem kürzeren Balken und zeigen die mittfaziale Position des Alveolarkamms relativ zum Gingivarand an. Diese zusätzlichen 3 mm sorgen dafür, dass die Menge an Zahnschubstanz im richtigen Verhältnis mit der biologischen Breite steht, und ermöglichen es, den Restorationsrand subgingival zu legen. Auf Abbildung 3 ist zu erkennen, dass der linke zentrale Schneidezahn 8,5 mm breit ist (Außenkante der roten Markierungen). Der entsprechende Abstand der Außenkanten der roten Markierungen auf dem vertikalen Balken beträgt 11 mm. Daraus ergibt sich ein Breiten-Längen-Verhältnis von 77 %, das innerhalb des Idealbereichs von 75 bis 80 % liegt<sup>24, 25</sup>.

Am Zenit der mithilfe der Proportionssonde bestimmten klinischen Kronenlänge wurden Blutungspunk-

te gesetzt. Anschließend wurde die Proportionssonde durch die Kronenlängensonde ersetzt (Abb. 4). Da in diesem Fall ein ausreichendes Angebot an keratinisierter Gingiva vorhanden war, erfolgte eine Gingivektomie bis zu den gewünschten Farbmarkierungen auf dem kurzen Balken der Kronenlängensonde (Abb. 5) mit nachfolgender Sulkusinzision und Aufklappen der labialen Gingiva, sodass der palatinale Anteil der Interdentalpapille intakt blieb (Abb. 6 und 7a). Sobald die klinische Kronenlänge hergestellt war, wurde der Knochen parabolisch umgeformt, sodass der knöchernen Bogen parallel zur Schmelz-Zement-Grenze verlief<sup>23</sup>. Die Umformung des Knochens erfolgte von der direkten facialen bis zur entsprechenden Markierung auf dem langen Balken und um die Abwinkelungen der Zähne, sodass 3 mm Zahnschubstanz für den Restorations-

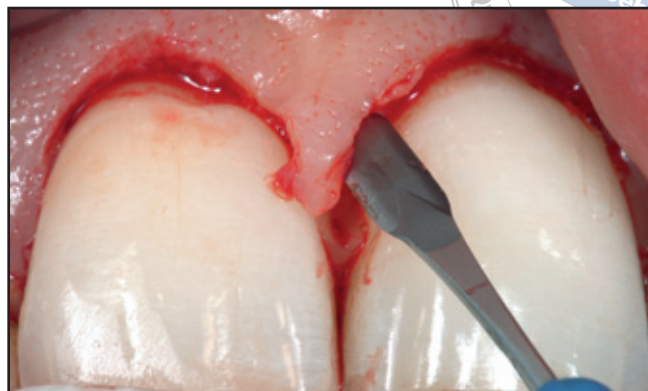
rand und die Wiederherstellung der biologischen Breite zur Verfügung standen (Abb. 7a und b).

Die Interdentalpapille bildet sich neu, wenn der Abstand von der Basis des Kontaktbereichs bis zum Alveolarkamm höchstens 5 mm beträgt<sup>26</sup>. Außerdem erfolgt die Papillenbildung abhängig vom Abstand der Zahnwurzeln zueinander. Beträgt er mehr als 2,4 mm, ist die Papillenneubildung bei fehlendem interproximalen Knochen meistens vermindert<sup>27, 28</sup>.

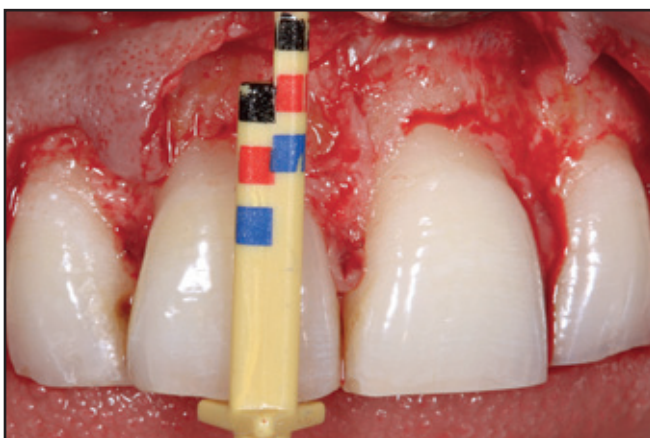
Der interproximale Knochen wurde so umgeformt, dass die Papille möglichst erhalten wurde. Er wurde von labial nach palatinal abgeschrägt, um labial ausreichend Knochen freizulegen (Abb. 7b). Abhängig davon, wie weit palatinal die Umformung des Knochens stattfand, wurde die interproximale Gingiva vorsichtig mit einem feinen



**Abb. 5** Zähne nach Gingivektomie zur Schaffung der gewünschten klinischen Kronenlänge. Es besteht ein Missverhältnis zwischen der Papillen- und der klinischen Kronenlänge.



**Abb. 6** Die labiale Gingiva wurde abgehoben; die palatinale Hälfte der Interdentalpapille blieb intakt.



**Abb. 7a** Abgehobene Gingiva und Kronenlängensonde *in situ*. Die Spitze der roten Markierung auf dem kürzeren Balken entspricht der gewünschten klinischen Kronenlänge; die Spitze der roten Markierung auf dem längeren Balken dem für eine angemessene biologische Kronenlänge erforderlichen Knocheniveau. Beachte die Position von Knochen und Bindegewebe an den Abwinkelungen der Zähne.

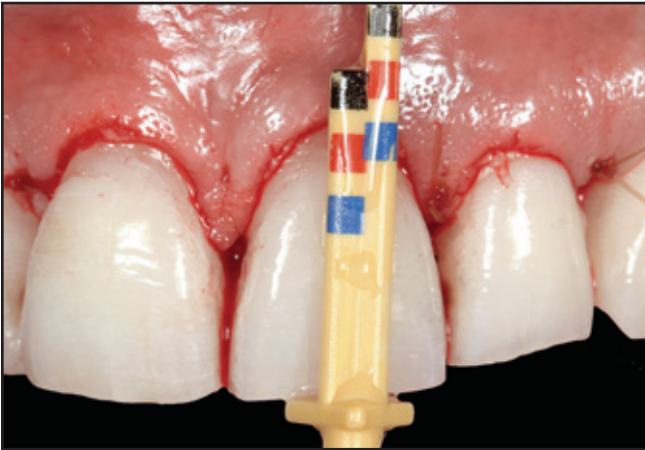


**Abb. 7b** Knocheniveau nach Kronenverlängerung. Die Knochenumformung nach palatinal um die Abwinkelungen der Zähne und interproximal ist erkennbar.

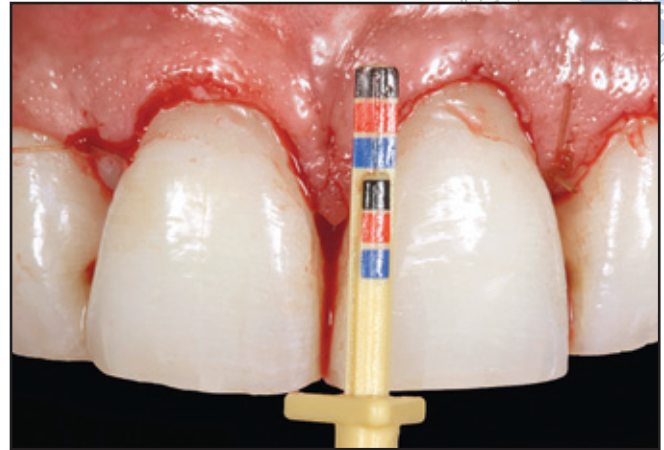
Diamanten nach palatinal ausgedünnt. Der palatinale Knochen wurde schrittweise entfernt und die Wurzel der exponierten Zahnschicht ausreichend geglättet, um ein Reattachement der verbliebenen Bindegewebsfasern zu verhindern<sup>16, 17</sup>.

Das Ausmaß der palatinalen Ausdünnung des interproximalen Knochens, die Einbeziehung des inneren Aspekts der labialen Papille, das Entfernen des koronalen

Anteils der palatinalen Papille und von horizontalem Knochen beeinflussen letztendlich die Position der labialen Papille. Bei dreidimensionaler Darstellung führt die Modifikation von einem oder mehreren dieser Faktoren zur Apikalverlagerung der Papille (Abb. 8). Das interproximale horizontale Knochenangebot sollte nur dann entfernt werden, wenn alle anderen Optionen versagt haben. Wenn die palatinale Knochenwand



**Abb. 8** Der Lappen wurde vernäht und die klinische Krone hatte die gewünschte Länge. Die Papillenspitzenlänge war nun proportional zur Kronenlänge.



**Abb. 9** Die Papillenspitze befindet sich an der Oberkante der roten Markierung auf dem kurzen Balken und hat somit 40 % der klinischen Kronenlänge.



**Abb. 10** Klinisches Bild 8 Wochen postoperativ.

reduziert werden muss, um die Papille nach apikal zu verlagern oder zusätzlich Zahnschubstanz für die Kronenverlängerung freizulegen, sollte der palatinale Lappen vorsichtig und minimal zurückgebogen werden, einschließlich dem verbliebenen Gewebe des Halteapparats.

Die Farbkodierungen auf dem längeren Balken der Papillenspitzensonde geben den Abstand zwischen interproximalem Knochenkamm und Inzisalkante an, die entsprechenden Farbkodierungen auf dem kurzen Balken liegen 4 mm

weiter koronal. Durch die interproximale Platzierung der Papillenspitzensonde erkennt der Operateur, wo die Papille in Bezug zum interproximalen Knochenkamm enden sollte (Abb. 9). Der Zahnarzt und der Labortechniker können mithilfe der Papillenspitzensonde die Lage des Kontaktbereichs im Verhältnis zur Länge der klinischen Krone bestimmen. Da die Papillenspitzenlänge etwa 40 bis 50 % der Zahnlänge beträgt<sup>29</sup>, sollte die Papille je 1,0 mm proportionalem Missverhältnis zur klinischen Kronenlänge nur um 0,4 bis 0,5 mm

gekürzt werden, um ein gutes Verhältnis zwischen Krone und Papille zu sichern.

Die Heilung erfolgte rasch und unkompliziert (Abb. 10), und der denotingivale Komplex in den apikalen 3 mm der Zahnschubstanz umfasste den Gingivalsulkus, Saumepithel und eine Barriere aus Bindegewebe und Fasern. Während der Knochenumbau histologisch für mehr als 12 Monate nachweisbar ist, ist die Weichgewebeheilung nach acht Wochen überwiegend abgeschlossen<sup>30</sup>. Zu diesem Zeitpunkt müssen

**Abb. 11a** Eingegliederte definitive Restaurationen.

**Abb. 11b** Fazial war keine Koronalverlagerung der Gingiva erkennbar.

**Abb. 11c** Die Papille endet nun an der Oberkante der blauen Markierung auf der Papillenspitzensonde, und die interproximale Gingiva verlagerte sich nach koronal und füllt den Interproximalraum aus.



die Gingivareifung und die stabile Lage des Gingivarands beurteilt werden. Ist das Gingivaprofil stabil und konnte der Restorationsrand atraumatisch subgingival gelegt werden, kann die definitive Restauration nach acht bis 12 Wochen erfolgreich eingegliedert werden<sup>31</sup>. Dem Zahnarzt sollte möglichst viel Zahnsubstanz hierfür zur Verfügung stehen, die bukkale Gingiva sollte sich nur minimal nach koronal verlagern und die Papille sollte den Zahnzwischenraum ausfüllen (Abb. 11).

### Diskussion

Bei einer ästhetischen Kronenverlängerung muss häufig ein Teil des Alveolarknochens entfernt werden, damit ausreichend Zahnsubstanz für die Wiederherstellung des Zahnhalteapparats und einen subgingival liegenden Restorationsrand zur Verfügung steht. Da Kunststoffschablonen oft zu ungenau sind<sup>32</sup> und bei Verfahren zur Kronenverlängerung routinemäßig weniger als 3 mm der Zahnsubstanz entfernt werden<sup>33</sup>, ist ein objektives Messge-

rät ein wertvolles und effizientes Hilfsmittel bei der Schaffung einer klinischen Krone mit optimalem Breiten-Längen-Verhältnis<sup>34</sup>.

Gelegentlich wird bei weniger als 3 mm vorhandener subgingivaler Zahnsubstanz eine Kronenrestauration versucht, wodurch der Restorationsrand innerhalb des bindegewebigen Halteapparats oder am Knochenkamm zu liegen kommt. Theoretisch kommt es anschließend zu einer entsprechenden horizontalen Knochenresorption mit Apikalverlagerung des Halteapparats.



Eine derartige Resorption ereignet sich oft direkt an der bukkalen Knochenplatte, die eher dünn ist, weniger vorhersagbar dagegen ist die Resorption interproximal und an den Abwinkelungen der Zähne. Dort ist auch der Abstand zwischen den Wurzeln besonders groß, sodass die Knochendicke nach interproximal zunimmt und es durch eine unzureichende Resorption des Knochenrandes zur vertikalen Aushöhlung kommen kann. Als Folge davon tritt eine chronische Reizung auf, die typisch für die Verletzung der biologischen Breite ist.

Auch eine Gingivektomie zur Schaffung der gewünschten klinischen Kronenlänge mit anschließender sorgfältiger Wurzelglättung ohne Lappenabhebung entfernt alle verbliebenen supraalveolären Fasern und fördert die Knochenschnittkammresorption, die für die subgingivale Lage des Restaurationsrands erforderlich ist. Häufig kommt es jedoch zum Rebound der koronalen Gingiva und zu Problemen mit der biologischen Breite, und die Erfahrung hat gezeigt, dass die Stabilität der definitiven Restauration schlechter vorhersagbar ist als bei einem Vorgehen mit Lappenabhebung der Gingiva und Osteoplastik<sup>31, 35, 36</sup>.

Eine gesunde Gingiva setzt mindestens 2 bis 5 mm keratinisiertes Gewebe voraus<sup>37, 38</sup>. Im vorliegenden Fall, bei dem der Patient einen gesunden, fibrösen Biotyp aufwies und Veneers eingegliedert wurden, wurde davon ausgegangen, dass für eine gesunde Gingiva mindestens 2 bis 3 mm keratinisiertes Gewebe ausreichen würden. Anschließend erfolgte eine Gingivektomie zur Freilegung der zusätzlich benötigten Zahnschicht ohne intrasulkuläre Inzision zur Apikalverlagerung des Gewebes.

Obwohl zur Schaffung einer ausreichenden biologischen Breite oft

ein recht erheblicher Anteil des Knochens entfernt werden muss, besteht bei zuvor ausreichendem Knochenangebot nicht die Gefahr der Zahnmobilität. Ist das Knochenniveau bereits in der Ausgangssituation reduziert und findet keine Rezession statt, kann eine Apikalverlagerung der bukkalen Gingiva oder eine Gingivektomie ausreichen, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen.

Das Papillenmanagement ist ein wichtiger Aspekt der ästhetischen Kronenverlängerung. Wie im vorliegenden Fall gezeigt wurde, proliferiert das interproximale Gewebe nach koronal und es bildet sich eine neue Papille, solange der Abstand zwischen dem Alveolarkamm und der Basis des Kontaktbereichs höchstens 5 mm beträgt<sup>12, 26</sup>, weiterhin sollte der interradikuläre Abstand höchstens 2,4 mm betragen (Abb. 11c)<sup>27, 28</sup>. Kleine interproximale Abstände lassen sich durch eine Apikalverlagerung des Kontaktbereichs der definitiven Restauration eliminieren.

### Schlussfolgerungen

Eine ästhetische Restauration erfordert die Zusammenarbeit des Parodontologen mit dem restaurativ arbeitenden Zahnarzt. Das optimale Behandlungsergebnis hängt ganz entscheidend von der angemessenen Modifikation von Höhe und Verlauf der Gingiva sowie von der klinischen und biologischen Kronenlänge ab. Der Parodontologe ist mit der Dynamik der Wundheilung von Hart- und Weichgeweben gut vertraut. Hier wurde ein Verfahren zur Kronenverlängerung vorgestellt, das zur objektiven Definition der idealen klinischen Länge von Frontzähnen als Funktion ihrer Breite ein neues Messgerät verwendet. Die Sonden zeigen dem Operateur genau, wie

viel Knochen er aus biologischer Sicht entfernen muss, damit eine klinisch sehr hochwertige Restauration entsteht. Der wichtigste Aspekt für die parodontale ästhetisch-restaurative Therapie ist aber vermutlich, dass diese Sonden die Kommunikation zwischen dem Parodontologen und dem restaurativen Zahnarzt erleichtern. Der ständige Austausch mit dem Ziel eines gemeinsam erreichten, erfolgreichen Ergebnisses ist die Grundlage einer für beide Seiten lohnenden, dauerhaften Arbeitsbeziehung.

### Danksagungen

Die Autoren danken Dr. Dennis P. Tarnow für die Durchsicht des Manuskripts.

### Literatur

1. Chu SJ, Hochman MN, Fletcher P. A biologic approach to aesthetic crown lengthening: Part II—Interdental considerations. *Pract Proced Aesthet Dent* 2008;20:529–536.
2. Rosenberg ES, Garber DA, Evian CI. Tooth lengthening procedures. *Compend Contin Educ Gen Dent* 1980;1:161–172.
3. Ingber J, Rose LF, Coslet JG. The "biologic width"—A concept in periodontics and restorative dentistry. *Alpha Omega* 1977;70:62–65.
4. 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.
5. Assif D, Pilo R, Marshak B. Restoring teeth following crown lengthening procedures. *J Prosthet Dent* 1991;65:62–64.
6. Becker W, Ochsenbein C, Becker BE. Crown lengthening: The periodontal-restorative connection. *Compend Contin Educ Dent* 1998;19:239–240, 242.
7. Fugazzotto PA. Periodontal restorative interrelationships: The isolated restoration. *J Am Dent Assoc* 1985;110:915–917.
8. Wagenberg BD, Eskow RN, Langer B. Exposing adequate tooth structure for restorative dentistry. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;9:322–331.
9. Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 1961;32:261–267.
10. Vacek JS, Gher ME, Assad DA, Richardson AC, Giambarresi LI. The dimensions of the human dentogingival junction. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14:154–165.
11. Perez JR, Smukler H, Nunn ME. Clinical dimensions of superosseous gingivae in healthy periodontium. *J Periodontol* 2008;79:2267–2272.
12. Kois JC. Altering gingival levels: The restorative connections, Part I: Biologic variables. *J Esthet Restor Dent* 1994;6:3–9.
13. Oakley E, Rhyu IC, Karatzas S, Gandini-Santiago L, Nevins M, Caton J. Formation of the biologic width following crown lengthening in nonhuman primates. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1999;19:529–541.
14. Caton J, Nyman S. Histometric evaluation of periodontal surgery. III. The effect of bone resection on the connective tissue attachment level. *J Periodontol* 1981;52:405–409.
15. Stahl SS, Froum SJ, Kushner L. Periodontal healing following open debridement flap procedures. II. Histological observations. *J Periodontol* 1982;53:15–21.
16. Stahl SS. Healing following simulated fiber retention procedures in rats. *J Periodontol* 1977;48:67–73.
17. Carnevale GC, Sterrantino SF, Di Febo G. Soft and hard tissue wound healing following tooth preparation to the alveolar crest. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1983;6:36–53.
18. Libman WJ, Nichols JI. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. *Int J Prosthodont* 1995;8:155–161.



19. Newcomb GM. The relationship between the location of subgingival crown margins and gingival inflammation. *J Periodontol* 1974;45:151-154.
20. Flores-de-Jacoby L, Ziafiropoulos GG, Ciancio S. The effect of crown margin location on plaque and periodontal health. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989; 9:197-205.
21. Block PL. Restorative margins and periodontal health: A new look at an old perspective. *J Prosthet Dent* 1987;57: 683-689.
22. Minkler JS. Simplified full coverage preparations. *Dent Clin North Am* 1965;25: 355-372.
23. Kois JC. The restorative-periodontal interface: Biological parameters. *Periodontol* 2000 1996;11:29-38.
24. Magne P, Gallucci GO, Belser UC. Anatomic crown/length ratios of unworn and worn maxillary teeth in white subjects. *J Prosthet Dent* 2003;89:453-461.
25. Sterrett JD, Oliver T, Robinson F, Fortson W, Knaak B, Russel CM. Width/length ratios of normal clinical crowns of the maxillary anterior dentition in man. *J Clin Periodontol* 1999;26:153-157.
26. Tarnow DP, Magner AW, Fletcher P. The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *J Periodontol* 1992;63: 995-996.
27. Cho HS, Jang HS, Kim DK, et al. The effect of interproximal distance between roots on the existence of interdental papillae according to the distance from the contact point to the alveolar crest. *J Periodontol* 2006;77:1651-1657.
28. Martegani P, Silvestri M, Mascarello F, et al. Morphometric study of the interproximal unit in the esthetic region to correlate anatomic variables affecting the aspect of soft tissue embrasure space. *J Periodontol* 2007;78:2260-2265.
29. Chu SJ, Tarnow DP, Tan JHP, Stappert CFJ. Papilla proportions in the maxillary anterior dentition. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2009;29:385-393.
30. Wilderman MN, Pennel BM, King K, Barron JM. Histogenesis of repair following osseous surgery. *J Periodontol* 1970;41: 551-565.
31. Lanning SK, Waldrop TC, Gunsolley JC, Maynard JG. Surgical crown lengthening: Evaluation of biological width. *J Periodontol* 2003;74:468-474.
32. Walker M, Hansen P. Template for surgical crown lengthening: Fabrication technique. *J Prosthodont* 1998;7:265-267
33. Herrero F, Scott JB, Maropis PS, Yukna RA. Clinical comparison of desired versus actual amount of surgical crown lengthening. *J Periodontol* 1995;66:568-571.
34. Chu SJ, Fletcher P, Mielezko AJ. Clinical application of innovative measurement gauges for predictable correction of tooth size/proportion and gingival architecture discrepancies. *Quintessenz Dent Technol* 2009;32:63-76.
35. Deas, DE, Moritz AJ, McDonnell HT, Powell CA, Mealey BL. Osseous surgery for crown lengthening: A 6-month clinical study. *J Periodontol* 2004;75:1288-1294.
36. Pontoriero R, Carnevale G. Surgical crown lengthening: A 12-month clinical wound healing study. *J Periodontol* 2001; 72:841-848.
37. Lang NP, Löe H. The relationship between the width of keratinized gingiva and gingival health. *J Periodontol* 1972; 43:623-627.
38. Maynard JG Jr, Wilson RD. Physiologic dimensions of the periodontium significant to the restorative dentist. *J Periodontol* 1979;50:170-174.