

Virtuelles Abutmentdesign: Ein Konzept zur Herstellung von CAD/CAM-gefertigten Abutments – Bericht über eine retrospektive Kohorte



Andrea Parpaiola, DDS¹
 Michael R. Norton, BDS, FDS, RCS (Ed)²
 Denis Cecchinato, MD, DDS³
 Eriberto Bressan, DDS⁴
 Marco Toia, DDS⁵

In diesem Artikel wird über erste klinische Erfahrungen aus der Behandlung einer Kohorte aus 89 konsekutiven Patienten berichtet. Sie erhielten insgesamt 125 Restaurationen, die auf 205 gefrästen Abutments eingegliedert wurden. Die Titan- und Zirkonoxidabutments wurden mit spezieller CAD-Software hergestellt. Zugrunde gelegt wurden idealisierte Werte der Zahndimensionen und Emergenzprofile sowie ein Scan der vorgeschlagenen definitiven Restauration. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:49–56.)

Die Verwendung von Computer-aided Design/Computer-assisted Manufacture (CAD/CAM) zur Herstellung dentaler Restaurationen, wie Inlays, Copings und Aufbauten, ist mittlerweile etabliert. Es gibt hinreichend Belege für die genaue Passung und Langlebigkeit dieser Versorgungen, die genauso gut oder besser sind als Restaurationen, die mit konventionellen Verfahren angefertigt wurden^{1–5}. Vor Kurzem kam ein systematisches Review der Literatur über die Verwendung von CAD/CAM in der Implantologie zu dem Schluss, dass der Machbarkeitsnachweis bei der Herstellung von Gerüsten und Abutments erbracht ist⁵. Bezüglich der Herstellung von Abutments mittels CAD/CAM erfüllten nur zwei Artikel die Einschlusskriterien. Sie befassten sich beide mit Zirkonoxidabutments, bei denen nach 44-monatiger funktioneller Belastung weder ein signifikanter Misserfolg noch Komplikationen nachgewiesen werden konnten^{6,7}.

Derzeit sind zur Herstellung von Abutments fünf CAD/CAM-Systeme (Procera, Nobel Biocare; Encode, Biomet 3i; Cares, Straumann; Etkon, Straumann und Atlantis, Astra Tech) erhältlich. Zwei dieser Systeme (Etkon und Procera) verwenden Kopierfräsen und beruhen daher nicht auf dem CAD-Prinzip. Zur Präzision und Passung von CAD/CAM-Abutments^{8–13} sowie zu ihrem Ermüdungswiderstand^{14–17} wurden zahlreiche Artikel

¹ Gastprofessor, Faculty of Odontology, University of Padova, Padua, Italien; Franci Institute, Padua, Italien.

² Privatpraxis, London, Großbritannien.

³ Gastprofessor, Franci Institute, Padua, Italien.

⁴ Professor für Parodontologie, Faculty of Odontology, University of Padova, Padua, Italien.

⁵ Dozent, Franci Institute, Padua, Italien.

Korrespondenz an: Dr. Michael R. Norton, 104 Harley Street, London, W1G 7JD, Großbritannien. Fax: +44 207 486 9119. E-Mail: drnorton@nortonimplants.com

©2013 Quintessenz Verlags-GmbH

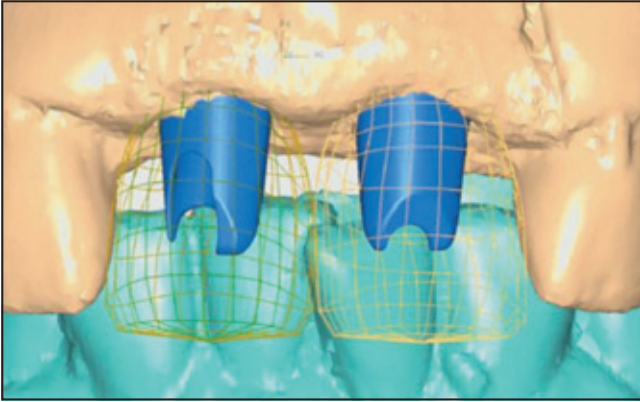


Abb. 1 Ein transparentes dreidimensionales Gitternetz erlaubt die Darstellung des initialen Abutmentdesigns.

veröffentlicht, von denen sich die meisten mit Zirkonoxidabutments befassen⁹⁻¹⁶ und nur wenige auf Titan- und Aluminiumoxidabutments eingehen^{8,9,11,14}. Die meisten ermittelten merkbliche oder signifikante Passungengenauigkeiten zwischen Implantat und Abutment, was mit Mikrogaps und dem rotatorischen Spielraum belegt wurde. Aluminiumoxid war weniger präzise als Titan und Zirkonoxid⁹, wobei die Passung von Titan nach dynamischer Belastung weniger präzise war¹¹. Trotzdem war das Ergebnis fast aller dieser Studien, dass sich Passtoleranz und Ermüdungswiderstand im klinisch akzeptablen Bereich bewegten.

Mittlerweile ist das Atlantis-System auf dem Markt, mit dem CAD/CAM-gefräste Abutments für zahlreiche unterschiedliche Implantatsysteme hergestellt werden können. Abgesehen von einigen Fallberichten¹⁸⁻²¹ gibt es bislang kaum Veröffentlichungen über dieses System. Weiterhin bietet die Literatur keine Informationen über die CAD-Technologie (Virtual Abutment Design [VAD], Astra Tech), mit der Abutments in optimaler Morphologie geplant werden, die dann aus Titan, TiN-beschichtetem Titan (Gold Hue) oder Zirkonoxid gefräst werden können. Im vorliegenden Artikel wird diese Technologie vorgestellt und es wird von ersten klinischen Erfahrungen mit ihrem Einsatz an fünf Zentren berichtet.

Material und Methode

VAD-Technologie

Die VAD-Technologie basiert auf dem Verständnis, dass die Form eines Abutments nach der Form der Restauration geplant werden sollte, die es später trägt. Beim CAD-Verfahren wird dies durch einartikulierte Meistermodelle mit einer Gingivamaske aus Silikon, Implantatanaloga und ein herausnehmbares diagnostisches Wax-up der geplanten definitiven Restauration erreicht, das bei mehr als vier vorgesehenen Implantaten unbedingt erforderlich ist.

Durch das Einscannen wird das diagnostische Wax-up digitalisiert. Die Software verfügt über viele Parameter, die auf generischen Informationen über Zahnabmessungen und Zahnformen beruhen. Mit ihrer Hilfe wird ein Abutmentdesign geplant, das für den Zahnersatz und seine Lokalisation optimal ist.

Das eingescannte diagnostische Wax-up wird in ein dreidimensionales Linienraster umgewandelt, in dem der CAD-Operator das Abutmentdesign entwickelt (Abb. 1). Anhand mehrerer vom Arzt oder CAD-Operator vorgegebener Parameter, wie Emergenzprofil, Randposition, Retentionseigenschaften, Form und Länge des Abutments im Verhältnis zur geplanten Restauration und Ok-

klusion, wird das Abutment manuell verändert. Der Platz für die Restauration zwischen dem vorgesehenen Abutment und der Okklusalfäche ist in der Software gemäß den Standardempfehlungen für Metallkeramikronen voreingestellt, kann jedoch bei individuellen Abweichungen verändert werden. Außerdem wird von der Software eine minimale Höhe für das Abutment vorgegeben, um eine ausreichende Retention sicherzustellen. Sofern aufgrund eines begrenzten Interokkusalraums eine Höhenreduktion des Abutments unter den kritischen Wert erforderlich ist, muss der Arzt oder CAD-Operator der Abweichung vom voreingestellten Wert zustimmen. Der horizontale bukkolinguale und mesiodistale Raum ist durch Mindestwerte und die für das Abutmentmaterial erforderliche Dicke vorgegeben. Die Implantatwand muss eine bestimmte Dicke aufweisen, um eine ausreichende Festigkeit zu haben. Dies beeinflusst bei engen Implantationsbereichen die Schulterbreite. Die maximale Größe des Abutments entspricht der Größe des Rohlings.

Emergenzprofil

Das Emergenzprofil wird oft von der Größe und Form der Einheilkappe festgelegt und ist in der Regel zylindrisch (Abb. 2a und b). Dies gilt jedoch

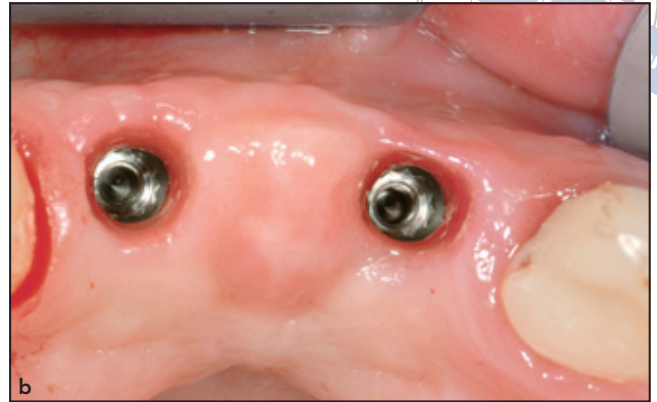


Abb. 2a und b Durch die Verwendung zylindrischer Abutments entsteht eine zylindrische Öffnung im Weichgewebe, die nicht zur normalen Anatomie passt.



Abb. 3a und b Oft wird mithilfe von provisorischen Kronen ein anatomisch normaler Weichgewebsverlauf konditioniert.

nicht bei der Verwendung einer anatomischen Einheitskappe oder, was öfter vorkommt, wenn zur Konditionierung des Weichgewebsprofils ein Provisorium eingesetzt wird (Abb. 3a und b). Dieses Weichgewebsprofil muss unbedingt mit der Abformung übertragen werden²²⁻²⁴ (individueller Abdrucklöffel mit Pattern Resin), sodass Verlauf und Form des Gingivasulkus erfasst werden. Dies kann extraoral vor der Abnahme der oralen Abformung geschehen (Abb. 4a und b).

Ein Emergenzprofil kann auch durch die anatomische Formung des definitiven Abutments entstehen. Auf jeden Fall ist die Konturierung des submukosalen Anteils eines Abutments nicht nur für das Emergenzprofil und gesunde Weichgewebe entscheidend, sondern auch für die Schaffung guter

anatomischer Verhältnisse am Implantatthals. So wird die Ästhetik verbessert und die Impaktion von Speisen verhindert. Bislang verwendet die Software abhängig von der Zahnposition drei klassische anatomische Formen (rechteckig z. B. bei Molaren, oval z. B. bei Prämolaren und dreieckig z. B. bei Schneidezähnen) und vier Optionen für eine stärkere Gewebeabstützung (Abb. 5). Die Wahl des Emergenzprofils erfolgt durch den Arzt.

Die vier Optionen sind:

1. Keine Gewebeverschiebung. Das CAD-Abutment passt sich der Sulkusform der Abformung an und besitzt einen Durchmesser, der 0,05 bis 0,2 mm kleiner ist als der gescannte Durchmesser.

ser. Dadurch wird eine Druckbelastung der Weichgewebe ausgeschlossen.

2. Unterstützung der Weichgewebe. Dabei erhält das Abutment eine angedeutete anatomische Form und ist bis zu 0,2 mm breiter als die gescannte Gewebeöffnung.
3. Konturierung der Weichgewebe. Diese Option ist voreingestellt und liefert eine anatomische Geometrie mit einem Druck von bis zu 1,0 mm gegen die Mukosamanschette.
4. Anatomisches Design. Diese Option sorgt für das beste Emergenzprofil, da geometrische Form und Durchmesser abhängig vom zu ersetzenden Zahn gewählt werden.

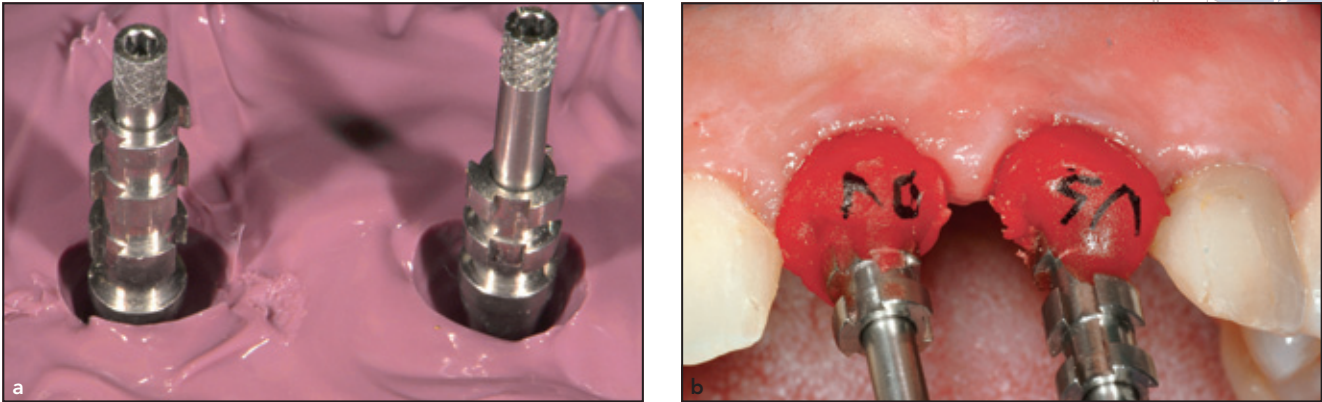


Abb. 4a und b Die submukosale Form lässt sich mit einem Abformkolben abbilden. Sie dient der Anfertigung von individuellen Abformkappen auf Implantathöhe aus Pattern Resin, die für die Meisterabformung verwendet werden können, ohne dass die Abstützung der Gewebe oder das Emergenzprofil gefährdet sind.

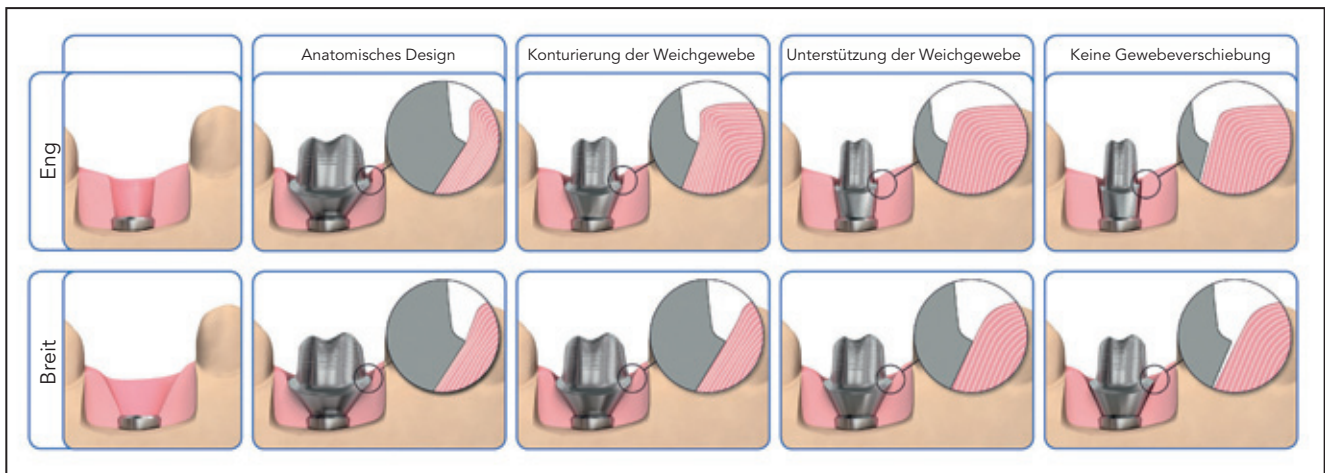


Abb. 5 Die submukosale Form hängt von der Abstützung durch die Weichgewebe ab.

Randlokalisation

Die Lage des Randes ist wegen der Gefahr einer zementinduzierten Periimplantitis ausgesprochen wichtig. Diese Erkrankung kann bei zylindrischen Standardabutments auftreten, wenn der Rand tief liegt und überschüssiger Zement nicht entfernt wird. Der interproximale und palatinale Rand von Standardabutments verläuft in der Regel 1 bis 2 mm tiefer als der labiale Rand. In der Folge kommt es zum Knochenverlust und einem unbefriedigenden klinischen Ergebnis. Vor Kurzem zeigte eine Studie, dass sich einige der häufig bei Implantationen

verwendeten Zemente radiologisch nicht darstellen lassen, womit das Problem zusätzlich verschärft wird²⁵. Um dies zu verhindern, übernimmt die CAD-Software den digitalen Weichgewebssaum von der Gingivamaske des Meistermodells und positioniert die Ränder der Restauration so, dass sie bukkal 1,0 mm, interproximal 0,75 mm und palatinal/lingual 0,5 mm subgingival liegen. Diese Voreinstellung kann durch den Arzt/Labortechniker auf die gewünschte Position geändert werden.

Alle Informationen werden in JPEG-Bilder umgewandelt und an

den Labortechniker gesendet, der sie zum Fräsen der Abutments freigibt. Diese Bilder enthalten zahlreiche Ansichten mit und ohne Maskierung des diagnostischen Wax-up, sodass die Einzelheiten des Abutments, sein Profil und die Randhöhe sowie sein Verhältnis zum darüberliegenden diagnostischen Wax-up zu erkennen sind (Abb. 6). Anschließend werden anhand dieser exakten Vorgaben die definitiven Abutments gefräst (Abb. 7). Das submukosale Profil, der Weichgewebsverlauf und die Randposition sind sofort am definitiven Abutment zu erkennen (Abb. 8 bis 10).

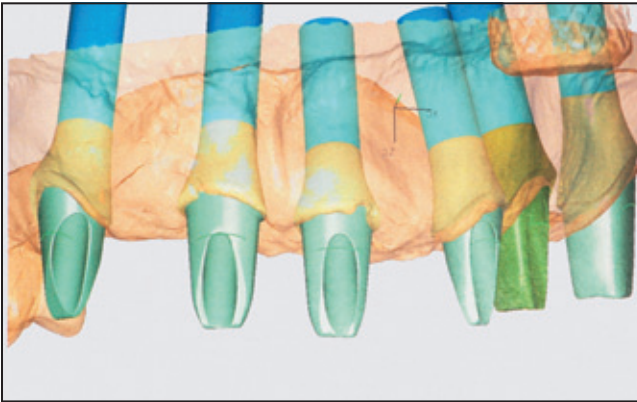


Abb. 6 VAD-Bild eines geplanten Abutmentdesigns unter Berücksichtigung von Weichgewebsangebot, Randposition, Emergenzprofil sowie Form und Größe des Abutmentkörpers.

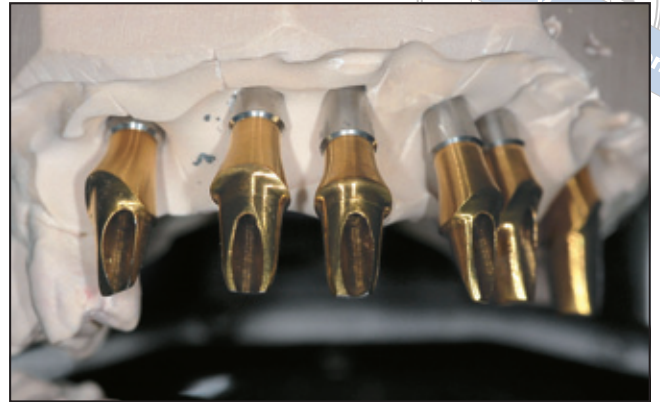


Abb. 7 Mit VAD gefräste Titanabutments (Gold Hue), vgl. Abb. 6.



Abb. 8 Klinischer Befund von Abutments mit ausgezeichneter Randposition und Weichgewebskonditionierung. Die Gingivafarbe ist angenehm.



Abb. 9 Die dreieckige Form des submukosalen Anteils der Atlantis-Abutments aus Zirkonoxid ist erkennbar.

Auch bei den definitiven Restaurationen verbessern CAD/CAM-Copings die Passgenauigkeit²⁶⁻²⁸. Derzeit werden keine Copings zu den entsprechenden Abutments angeboten, was auch weiterhin eine Schwäche des Systems ist. Weil der Aufbau direkt auf dem Abutment gefertigt werden kann, wird jedoch sichergestellt, dass die Restaurationen ausgezeichnet passen, was klinisch (Abb. 11) und radiologisch (Abb. 12) gut zu erkennen ist.

Um die Retention der passgenauen Aufbauten zu verbessern, können zudem Rillen gefräst werden.

Datenerfassung

An der Datenerfassung für diese Pilotstudie waren fünf Zentren beteiligt. Insgesamt erhielten 89 konsekutive Patienten (36 Männer, 53 Frauen; mittleres Alter 52,3 Jahre) 125 Restaurationen, die auf 205 Atlantis-Abutments auf Astra-Tech-Implantaten eingegliedert wurden. Bei 30 Patienten bestand eine prädisponierende Parodontalerkrankung, 25 Patienten waren Raucher. Das Einschlusskriterium waren erfolgreich osseointegrierte Implantate, die mit einer zementierten Restauration versehen werden

sollten. Es gab keine Vorgaben hinsichtlich des Abutmentmaterials, der Wahl des Emergenzprofils und der Randposition. Diese wurden vom jeweiligen behandelnden Arzt anhand der spezifischen Gegebenheiten für jeden Patienten individuell festgelegt. Auf diese Weise sollte sichergestellt werden, dass die klinische Effizienz des Systems in der klinischen Praxis und nicht unter Versuchsbedingungen geprüft wurde. Eine Kalibrierung der Untersucher wurde daher nicht als erforderlich erachtet.

In diese Pilotgruppe wurden alle Zahntypen eingeschlossen: 49 Im-



Abb. 10 Keine graue Verfärbung der dünnen Mukosa durch die Zirkonoxidabutments.



Abb. 11 Faziale Ansicht der definitiven Vollkeramikkronen.

plantate wurden in den Unterkiefer gesetzt (15 Schneidezähne, zwei Eckzähne, 13 Prämolaren und 19 Molaren) und 156 in den Oberkiefer (45 Schneidezähne, 16 Eckzähne, 58 Prämolaren und 37 Molaren). Die Durchmesser der verwendeten Implantate betragen 3,0 mm (n = 11), 3,5 mm (n = 68), 4,0 mm (n = 58), 4,5 mm (n = 55) und 5,0 mm (n = 13), und die Längen reichten von 6 bis 17 mm, wobei die meisten 9 mm (n = 42), 11 mm (n = 59) oder 13 mm (n = 60) lang waren.

Von den Atlantis-Abutments wurden 149 aus Titan gefräst, 32 aus Zirkonoxid und 24 aus Titan Gold Hue. Sie trugen insgesamt 54 Metallkeramik-Einzelkronen, 31 Vollkeramik-Einzelkronen, fünf Vollkeramikbrücken, 34 Metallkeramikbrücken und eine Kunststoffverblendbrücke.

Die Metallkeramikbrücken umfassten zwei bis 12 Brückenglieder, und sie wurden von zwei bis sieben Abutments getragen. Die Länge der Vollkeramikbrücken betrug drei bis fünf Brückenglieder; sie wurden von zwei bis drei Abutments getragen, die einzige Kunststoffverblendbrücke umfasste drei Brückenglieder und

wurde von drei Abutments getragen.

Alle 125 Restaurationen wurden sechs bis 28 Monate funktionell belastet (Mittelwert 15,5 Monate).

Die verschiedenen Abutmentarten wurden jeweils in allen Mundregionen verwendet (d. h. Schneidezahn, Eckzahn, Prämolare und Molar); auch im Bereich der Molaren wurden Zirkonoxidabutments verwendet.

Alle unerwünschten Ereignisse während der Herstellung, des Einsetzens und der klinischen Belastung dieser Abutments wurden dokumentiert.

Ergebnisse

Bislang wurden keine Frakturen von Abutments oder Schrauben beobachtet. Nur eine Abutmentschraube auf einem unteren ersten Molaren lockerte sich (Implantatdurchmesser 3,5 mm, Titan Gold Hue). Außerdem lösten sich zwei Kronen auf Zirkonoxidabutments und eine auf ein Titan-Gold-Hue-Abutment zementierte Brücke. Das einzige weitere unerwünschte Ereignis war eine Diskrepanz zwischen der klinischen

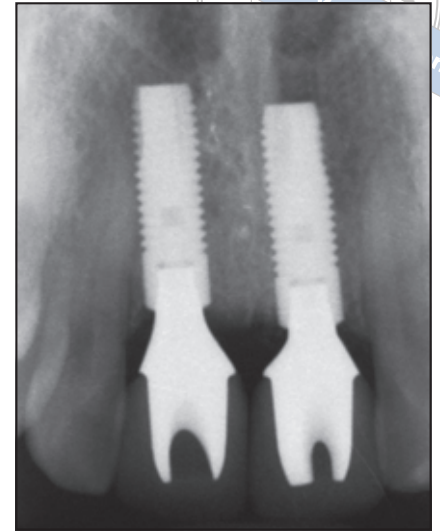
Lage eines Abutments und seinem gefrästen Design, deren Ursache unklar war. Vermutlich wurden die Abdruckkappe oder das nachgebildete Abutment falsch eingesetzt.

Diskussion

Die CAD/CAM-Technologie stützt sich auf das Computerdesign und ist daher ausgefeilter als das Kopierfräsen. Die zur Herstellung der 205 Abutments verwendete VAD-Software scheint diese Definition zu erfüllen. Da bei diesem Verfahren nur eine Abformung des Implantats erforderlich ist und die Optionen und Designs der Abutments nicht bekannt sein müssen, kann die Implantatrestauration von den meisten allgemein tätigen Zahnärzten vorgenommen werden. Gleichzeitig stellt diese Technologie aber sicher, dass die Restauration die höchsten Standards erfüllt.

Nach der Erfahrung der Autoren erbrachte dieses Abutmentsystem in einer initialen Pilotstudie konsistent zuverlässige und vorhersagbare Ergebnisse. Dabei wurden 205 Abutments für die Implantatrestauration

Abb. 12 Das Röntgenbild zeigt eine ausgezeichnete Randpassung von Krone und Abutment und eine gute Reaktion des marginalen Knochens.



mit Einzelkronen und Teilrestaurationen geprüft. Die Software ist noch mit acht weiteren Systemen kompatibel (BioHorizons, Biomet 3i, Camlog, Friadent Xive, Keystone Dental, Nobel Biocare, Straumann und Zimmer). Allerdings erlaubt die vorliegende Studie keine Aussagen über die Reliabilität der Abutments bei Verwendung mit diesen anderen Systemen; dazu sind weitere Studien erforderlich.


Obwohl dieses System für die klinische Praxis empfohlen werden kann, fehlen in der Literatur Langzeitdaten und eine laufende Studie über die Weichgewebsreaktion (Taschentiefe, Blutung beim Sondieren und andere allgemein etablierte Indizes) sowie andere unerwünschte Ereignisse (vor allem die Häufigkeit der periimplantären Mukositis oder Periimplantitis).

Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Wittneben JG, Wright RF, Weber HP, Gallucci GO. A systematic review of the clinical performance of CAD/CAM single-tooth restorations. *Int J Prosthodont* 2009;22:466–471.
2. Gonzalo E, Suárez MJ, Serrano B, Lozano JF. Comparative analysis of two measurement methods for marginal fit in metal-ceramic and zirconia posterior FPDs. *Int J Prosthodont* 2009;22:374–377.
3. Gonzalo E, Suárez MJ, Serrano B, Lozano JF. A comparison of the marginal vertical discrepancies of zirconium and metal ceramic posterior fixed dental prostheses before and after cementation. *J Prosthet Dent* 2009;102:378–384.
4. Kohorst P, Junghanns J, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M. Different CAD/CAM-processing routes for zirconia restorations: Influence on fitting accuracy. *Clin Oral Investig* 2011;15:527–536.
5. Kapos T, Ashy LM, Gallucci GO, Weber HP, Wismeijer D. Computer-aided design and computer-assisted manufacturing in prosthetic implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(suppl):110–117.
6. Henriksson K, Jemt T. Evaluation of custom-made Procera ceramic abutments for single-implant tooth replacement: A prospective 1-year follow-up study. *Int J Prosthodont* 2003;16:626–630.
7. Canullo L. Clinical outcome study of customized zirconia abutments for single-implant restorations. *Int J Prosthodont* 2007;20:489–493.
8. Lang LA, Sierraalta M, Hoffensperger M, Wang RF. Evaluation of the precision of fit between the Procera custom abutment and various implant systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:652–658.
9. Vigolo P, Fonzi F, Majzoub Z, Cordioli G. An in vitro evaluation of titanium, zirconia, and alumina Procera abutments with hexagonal connection. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:575–580.
10. Garine WN, Funkenbusch PD, Ercoli C, Wodenscheck J, Murphy WC. Measurement of the rotational misfit and implant-abutment gap of all-ceramic abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:928–938.
11. Yüzügüllü B, Avci M. The implant-abutment interface of alumina and zirconia abutments. *Clin Implant Dent Relat Res* 2008;10:113–121.
12. Baixe S, Fauxpoint G, Arntz Y, Etienne O. Microgap between zirconia abutments and titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:455–460.
13. Kerstein RB, Radke J. A comparison of fabrication precision and mechanical reliability of 2 zirconia implant abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:1029–1036.

- 
14. Cibirka RM, Nelson SK, Lang BR, Rueggeberg FA. Examination of the implant-abutment interface after fatigue testing. *J Prosthet Dent* 2001;85:268–275.
 15. Nguyen HQ, Tan KB, Nicholls JI. Load fatigue performance of implant-ceramic abutment combinations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:636–646.
 16. Kim S, Kim HI, Brewer JD, Monaco EA Jr. Comparison of fracture resistance of pressable metal ceramic custom implant abutments with CAD/CAM commercially fabricated zirconia implant abutments. *J Prosthet Dent* 2009;101:226–230.
 17. Sailer I, Sailer T, Stawarczyk B, Jung RE, Hämmerle CH. In vitro study of the influence of the type of connection on the fracture load of zirconia abutments with internal and external implant-abutment connections. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:850–858.
 18. Kerstein RB, Castellucci F, Osorio J. Ideal gingival form with computer-generated permanent healing abutments. *Comp Contin Educ Dent* 2000;21:793–801.
 19. Schneider A, Kurtzman GM. Computerized milled solid implant abutments utilized at second stage surgery. *Gen Dent* 2001;49:416–420.
 20. Garg AK. The Atlantis components abutment: Simplifying the tooth implant procedure. *Dent Implantol Update* 2002;13:65–70.
 21. Sesemann MR. A visual essay. Maxillary arch reconstruction utilizing CAD/CAM Atlantis abutments. *Pract Proced Aesthet Dent* 2008;20:397–399.
 22. Elian N, Tabourian G, Jalbout ZN, et al. Accurate transfer of peri-implant soft tissue emergence profile from the provisional crown to the final prosthesis using an emergence profile cast. *J Esthet Restor Dent* 2007;19:306–314.
 23. Shor A, Schuler R, Goto Y. Indirect implant-supported fixed provisional restoration in the esthetic zone: Fabrication technique and treatment workflow. *J Esthet Restor Dent* 2008;20:82–95.
 24. Spyropoulou PE, Razzoog M, Sierraalta M. Restoring implants in the esthetic zone after sculpting and capturing the periimplant tissues in rest position: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2009;102:345–347.
 25. Wadhvani C, Hess T, Faber T, Piñeyro A, Chen CS. A descriptive study of the radiographic density of implant restorative cements. *J Prosthet Dent* 2010;103:295–302.
 26. Gonzalo E, Suárez MJ, Serrano B, Lozano JF. A comparison of the marginal vertical discrepancies of zirconium and metal ceramic posterior fixed dental prostheses before and after cementation. *J Prosthet Dent* 2009;102:378–384.
 27. Al-Rabab'ah MA, Macfarlane TV, McCord JF. Vertical marginal and internal adaptation of all-ceramic copings made by CAD/CAM technology. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2008;16:109–115.
 28. Witlowski S, Komine F, Gerds T. Marginal accuracy of titanium copings fabricated by casting and CAD/CAM techniques. *J Prosthet Dent* 2006;96:47–52.