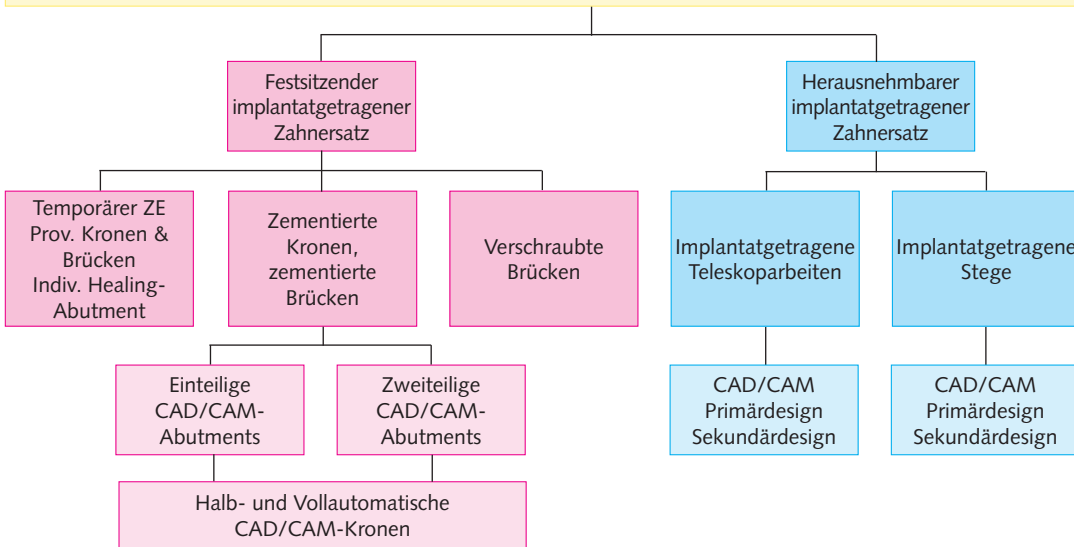




### CAD/CAM-Strukturen und -Komponenten für die Implantatprothetik

Digitale Datenerfassung & Virtuelle Gestaltung



#### Zusammenfassung

Die CAD/CAM-Technologie ermöglicht heutzutage eine hochqualitative und vor allem reproduzierbare implantatprothetische Versorgung. Moderne Werkstoffe wie Zirkoniumdioxid, Titan oder Chrom-Kobalt können so präzise be- und verarbeitet werden, dass einem Patienten das prothetische Endergebnis unter funktionellen wie ästhetischen Aspekten in vielen Fällen seriös vorhergesagt werden kann. Mit einer frühzeitigen Ausformung des Emergenzprofils und, bei Brückenstrukturen, einem Provisorium zur Wiederherstellung der intra- und extraoralen Parameter, kann das Weichgewebe nachhaltig gestützt und so ästhetisch wie funktionell erhalten werden. Der Artikel gibt einen Überblick über die Möglichkeiten primär anhand der von den Autoren verwendeten Werkstoffe, Systeme und Verfahren.

#### Indizes

Implantatprothetik, CAD/CAM, digitaler Workflow, Healing-Abutments, temporäre Versorgung, individuelle Abutments, Kronen, Brücken, Stege, Teleskope, Zirkoniumdioxid, Titan

## CAD/CAM in der Implantatprothetik

Eine Übersicht systemimmanenter Möglichkeiten festsitzender und herausnehmbarer Lösungen

**Peter Gehrke, Carsten Fischer, Björn Roland**

Von einer implantatgetragenen Restauration verlangt der Patient eine langfristige klinische Funktionalität und eine ebenso langzeitstabile intraorale Ästhetik. Nicht zuletzt aufgrund des digitalen Workflows kann das Behandlersteam – Chirurg, Prothetiker und Zahntechniker – heute höchste Ansprüche erfüllen. Aufgrund ihrer indikationsspezifischen Material- und Verfahrensalternativen wurde die CAD/CAM-Technologie zu einem tragenden Faktor implantatprothetischer Therapiekonzepte.

Maßgebend für die Restaurationsentscheidung sind die orale Situation des Patienten, seine Wünsche und seine finanziellen Möglichkeiten. Bei komplexeren Arbeiten ist ein Backward Planning<sup>5</sup> unerlässlich, damit die prothetischen Parameter in der Therapie ausreichend berücksichtigt werden. Die zentrale Frage lautet: Welche Restaurationswerkstoffe können mit welchen Verfahren indikationsspezifisch in reproduzierbarer Qualität und höchstmöglicher Präzision und damit spannungsfrei be- und verarbeitet werden?

Ihre primären Komponenten sind ein Scanner zur digitalen Datenerfassung, eine entsprechende Modellationssoftware sowie eine geeignete interne oder auch externe maschinelle Ausstattung zur Bearbeitung und Fertigung. Zu den Komponenten zählt mitt-

#### Einleitung

#### Digitale Prozesskette



Abb. 1 (gegenüberliegende Seite) Übersicht CAD/CAM-generierbarer Strukturen und Komponenten für die Implantatprothetik.

lerweile auch der Intraoralscanner<sup>4</sup>, obschon sein Einsatz in der Implantatprothetik noch am Anfang steht.

Im „digital Veneering“ werden über ein „File-Splitting“ vollanatomisch konstruierte Kronen in zwei Datensätze getrennt: in einen für das um die Verblendstärke reduzierte Gerüst und in einen für die Verblendung. Gerüst und Verblendung werden dabei separat herausgefräst und miteinander verklebt.<sup>13</sup> In einem anderen Verfahren (Primero, Oratio BV, Zwaag, NL) wird die Restauration aus einer bereits im Schlickerverfahren vorgeschichteten vollanatomischen Struktur gefertigt, indem sie in der Grünlingsphase zurückgeschliffen und gesintert wird.

Ebenso noch am Anfang der Entwicklung steht das virtuelle Wax-up, wobei die Zähne aus einer Datenbank direkt in der Software aufgestellt und über ein virtuelles Wachsmesser der individuellen Patientensituation angepasst werden.

### Vorteile der CAD/CAM-Verfahren

Im engeren Sinn meint CAD/CAM in der Implantatprothetik (Abb. 1) den zahntechnischen Workflow primär frästechnisch hergestellter provisorischer und definitiver Versorgungen aus verschiedenen Werkstoffen wie Zirkoniumdioxid, Aluminiumoxid, Infiltrations- oder Glaskeramiken, Titan, EM- oder NEM-Legierungen, Kunststoffen oder auch Wachs. Die Vorteile liegen hauptsächlich in der konstanten Materialgüte, einer spannungsfreien Passung, der Reproduzierbarkeit durch die Archivierung der Daten sowie in einem hygienefreundlichen Design der Konstruktion.

Wichtig ist ebenso, wie präzise die einzelnen Systemkomponenten aufeinander abgestimmt sind. Wissenschaftliche Daten zur Präzisionsgenauigkeit von CAD/CAM-Konstruktionen und eventuellen klinischen Komplikationen sind bisher limitiert.<sup>2</sup> Bei geschlossenen Systemen ist diese Voraussetzung zwar erfüllt, jedoch ist der Anwender von dem jeweiligen Entwicklungsstand des jeweiligen Systems abhängig. Bei offenen Systemen empfiehlt sich ein exakter Abgleich der verwendeten Komponenten oder Datensätze aus anderen Systemen, um die Fehlerquellen auszuschließen.

Trotz aller Digitalisierung und Vereinfachung von Abläufen basiert die Qualität einer Versorgung immer noch auf den Sach- und Fachkenntnissen des Zahntechnikers. Die Gesetzmäßigkeiten und Regeln der Prothetik, besonders der Totalprothetik, in Bezug auf Funktion, Ästhetik und Phonetik gelten im gleichen Maße für die Implantatprothetik, vor allem wegen der fehlenden Beweglichkeit der Implantate.<sup>7</sup>

Bei der Beschreibung der implantatprothetischen Möglichkeiten durch CAD/CAM-Verfahren greifen die Autoren auf ihre Erfahrungen mit den von ihnen primär verwendeten Systemen, Verfahren und Materialien der Firmen 3Shape (Kopenhagen, Dänemark) mit Scanner D810 und DentalDesigner sowie Dentsply Friadent (Mannheim), DeguDent (Hanau) und E.S. Healthcare mit Scanner und Software Cercon eye bzw. Cercon art sowie Compartis Scan&Design-Service, lokale Fertigung Cercon brain expert und zentrale Fertigung by Compartis zurück.

### Scanner und Designsoftware

Ausgangspunkt für die digitale Be- und Verarbeitung einer prothetischen Versorgung ist ein Scanner. Über ihn werden die jeweiligen Ausgangs- und Zwischensituationen (so zum Beispiel korrigierte Provisorien) digital erfasst. Aus der analogen Abformung heraus kann je nach gewähltem Workflow über 3-D-Printing oder frästechnisch ein physisches Modell zur Weiterarbeit angefertigt werden.

Mit der Designsoftware können in aller Regel provisorische Kronen und Brücken für den temporären Zahnersatz, individuelle Abutments, Einzelkronen, Brücken sowie Primär- und Sekundärstrukturen – und neuerdings auch Tertiärstrukturen – für herausnehmbare Restaurationen konstruiert werden. Dafür stehen diverse digitale Werkzeug- wie Positionierungsfunktionen für Randermittlung und -bearbeitung, Verbinderformen und -stärken sowie die Anpassung der Oberflächenmorphologie an den Gegenbiss bzw. die Nachbarzähne zur Verfügung. Weitere Kriterien sind Tools bzw. Module für die vollanatomische Modellierung von Kronen und Brücken einschließlich einer Cut-back-Funktion, für individuelle Abutments, für die Modifizierung von Zahnformen und personalisierten Morphologien, für deren simultane Modellierung auf Ober- und Unterkiefer sowie für die dynamische virtuelle Artikulation. Hinzu kommt noch eine Auswahl an Form-Werkzeugen wie virtuelles Wachsmesser, Freiform/Morphing, automatisches Glätten oder auch Festlegen von Mindestwandstärken.<sup>6,11</sup>

Individuelle Abutments erlauben vor allem im Seitenzahnbereich eine anatomisch korrekte Gerüstgestaltung und im ästhetisch sensiblen Frontzahnbereich wird bei Einzelkronen der Gingivaverlauf optimal unterstützt.<sup>14</sup> Zudem kann über das individuelle Aufbaudesign die Retentionsfläche für die Kronenversorgung optimiert und die Präparationsgrenze so definiert werden, dass Zementreste in aller Regel vollständig entfernt werden können.<sup>10,12</sup> Mit einem anatomisch geformten, zahnanalogen Provisorium kann das gewünschte Emergenzprofil ausgeformt werden. Ein solches Healing-Abutment, das durch eine keramische Verblendung zur temporären Krone wird, beinhaltet bereits weitgehend alle Daten für die nachfolgende, CAD/CAM-gestützte Anfertigung der definitiven Krone (Abb. 2 und 3).

Healingabutments,  
individuelle Abutments  
und temporäre Kronen

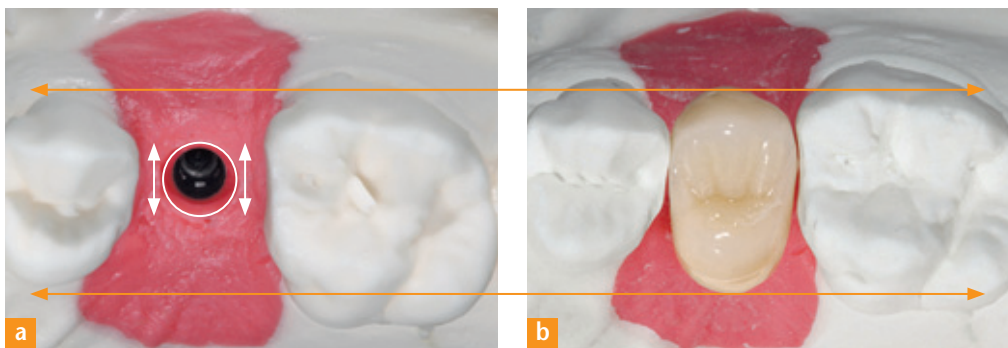


Abb. 2 **a** Der deutliche Unterschied vom runden Ist- zum nierenförmigen Sollzustand der geplanten Krone. **b** In Kunststoff reproduzierte Abformung des Emergenzprofils mit koronalem Anteil.



Abb. 3 Klinischer Zustand **a** vor und **b** nach Ausformung durch das Healing-Abutment.

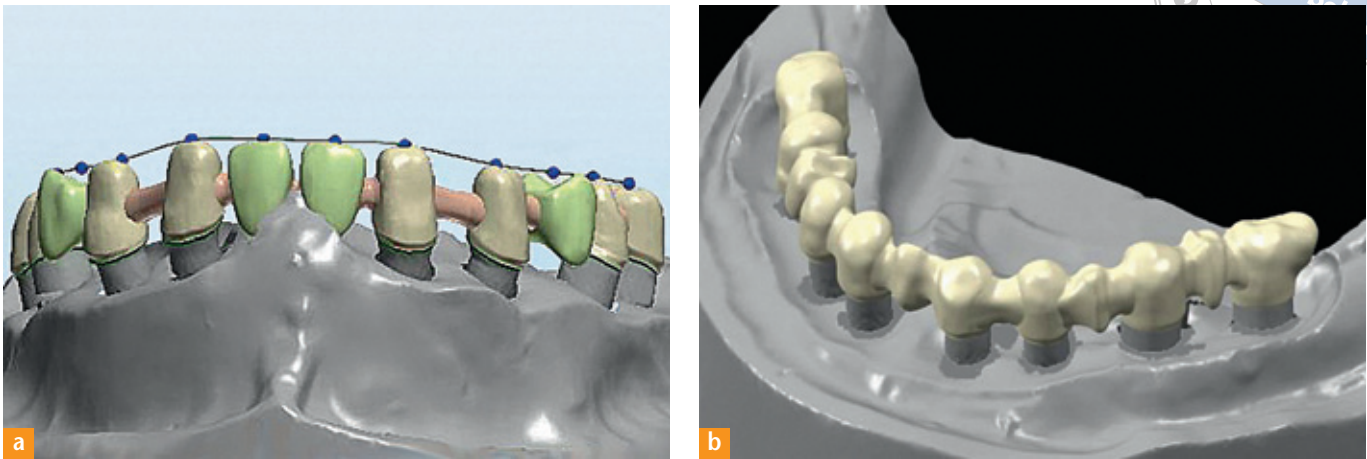


Abb. 4 a Im Compartis Scan&Design-Center softwaregenerierter Designvorschlag für einen Oberkiefer. b Anatomisch geformtes, virtuelles Gerüst für einen Unterkiefer.

### Provisorische Brücken als temporärer Zahnersatz

Besonders bei komplexen Implantatversorgungen in der Maxilla sind therapeutische bzw. Langzeitprovisorien (LZP) das Mittel der Wahl, um vertikale Dimension, Okklusion, Phonetik, Hygienefähigkeit sowie die intra- und extraorale Ästhetik patientengerecht einzustellen. Zudem lässt sich damit die Planung der definitiven Versorgung klinisch überprüfen und bei Bedarf modifizieren.<sup>1</sup> Speziell unter artikulatorischen Aspekten kann mit einem therapeutischen Provisorium evaluiert werden, was an Unterstützung der bukkalen Weichgewebe und Ausgleich palatinal fehlenden Gewebes notwendig erscheint. Zudem wird im sensiblen Frontzahnbereich über die Konsolidierung des Weichgewebes durch das LZP die Ausformung einer stabilen biologischen Breite unterstützt (Abb. 4).<sup>9</sup>

Ein Provisorium kann bei Bedarf modifiziert und – wenn keine weiteren Änderungen mehr notwendig sind – in Form des aktuellen bzw. aktualisierten Datensatzes für die CAM-gestützte Herstellung der definitiven Versorgung genutzt werden.

### Individuelle Abutments und Brücken

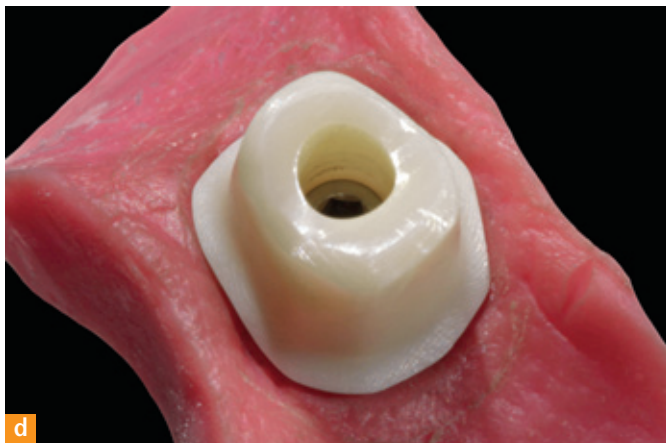
CAD/CAM-gefertigte individuelle Abutments werden aus Titan und Zirkoniumdioxid angefertigt. Zweiteilige Abutments bestehen aus einer konfektionierten Klebebasis aus Titan, auf die ein individueller, CAD/CAM-gefertigter Zirkoniumdioxidaufbau verklebt wird. Einteilige Abutments werden einschließlich ihrer vorgegebenen Anschlussgeometrie gänzlich im CAD/CAM-Verfahren aus Titan oder Zirkoniumdioxid gefräst (Abb. 5).

Festsitzende Suprakonstruktionen können je nach klinischer Situation okklusal oder transversal verschraubt oder zementiert werden. Bezüglich der Werkstoffe gibt es keine Einschränkungen, hierüber kann indikations- und patientenspezifisch entschieden werden. Wurde zuvor ein therapeutisches Provisorium angefertigt, kann das eventuell korrigierte Provisorium eingescannt, mit der bestehenden Situation überlagert und daraus der Datensatz für die definitive Versorgung generiert werden. Eventuelle material-spezifische Bedingungen bzw. Unterschiede – ein NEM-Gerüst für die temporäre, ein Zirkoniumdioxid-Gerüst für die definitive Versorgung – werden dabei in der Designsoftware berücksichtigt (Abb. 6).<sup>3,8</sup>





Abb. 5 a bis c Von der Software auf Basis der Scans generierter Gestaltungsvorschlag. d Ein zahnanalogen Emergenzprofil auf der Zahnfleischmaske. e und f Vom einteiligen Zirkoniumdioxid-Abutment mit individuellem Aufbau zur definitiven Krone. g Harmonischer Gingivaverlauf und natürliches Zahnbild der vollkeramischen Restauration in situ.



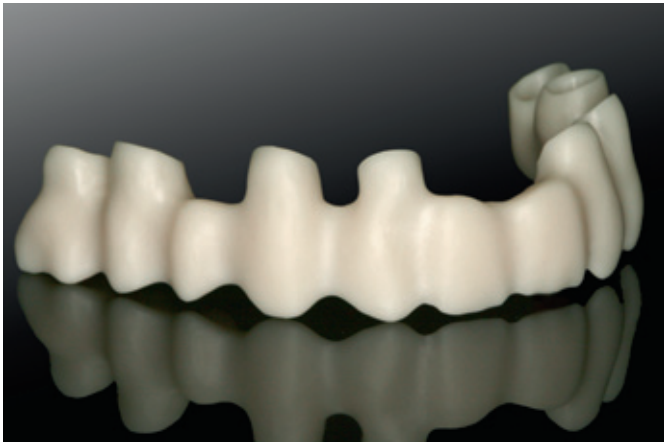


Abb. 6 a Aus dem Datensatz für die temporäre Versorgung (vgl. Abb. 4) gefrästes Zirkoniumdioxid-Gerüst für die zementierte Versorgung im Oberkiefer. b Die zementierte, definitive vollkeramische Versorgung in situ.

### Primär-, Sekundär- und Tertiärstrukturen

Die Primärstrukturen können, je nach CAD/CAM-System, entweder als individuelle einteilige, vollenanatomische Aufbauten aus Zirkoniumdioxid oder Titan angefertigt und verschraubt werden. Oder sie werden aus Zirkoniumdioxid auf zwar konfektionierte, entsprechend der Wachsaufstellung jedoch individualisierte Aufbauten zementiert. In beiden Fällen kann die Einschubrichtung am Bildschirm ausgerichtet werden.

Stegkonstruktionen können dank der präzisen digitalen Arbeitsschritte spannungsfrei aus Reintitan, einer Chrom-Kobalt-Molybdän Legierung oder aus Zirkoniumdioxid hergestellt werden. Hierbei ist man nicht auf ein bestimmtes Design beschränkt, sondern kann indikationsspezifisch zwischen allen bekannten Formen – vom Rundsteg bis zum Gelenksteg – und Retentionselementen wählen. Auch die Sekundärstrukturen auf Stegen können bereits CAD/CAM-gestützt modelliert und angefertigt werden. Hierfür werden Meistermodelle, Zahnfleischmasken und Zahnaufstellungen an das Scan- und Designcenter (Compartis ISUS) gesendet, wo ein entsprechender Designvorschlag erstellt wird.

Tertiärstrukturen können jetzt auch CAD/CAM-gestützt hergestellt werden. Nachdem das Gerüst im Labor mit dem entsprechenden Software-Tool modelliert wurde, wird es im Fertigungszentrum im Lasersinterverfahren hergestellt. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist darin zu sehen, dass auch bei beengten Platzverhältnissen die Wandstärken gleichmäßig gestaltet werden können und eine hohe Materialhomogenität erreicht wird (Abb. 7).

**Fazit** Der große Vorteil im digitalen Workflow liegt darin, dass Fehler, die bei der konventionellen Arbeitsweise fast zwangsläufig auftreten müssen, weitgehend vermieden werden. Grundvoraussetzung, um die Vorzüge CAD/CAM-basierter Fertigungsmethoden ausschöpfen zu können, ist jedoch eine konstruktive Teamarbeit – von der Planung bis zur Eingliederung – aller am Fertigungsprozess Beteiligten. Denn ohne ständige Kommunikation und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit dem Zahntechniker sind die Fortschritte und die Vorteile der CAD/CAM-Technologie nicht in vollem Umfang nutzbar. Dann jedoch lassen sich auch anspruchsvolle Patientenwünsche mit einer funktionell und ästhetisch hochwertigen und über viele Jahre stabilen Versorgung erfüllen.

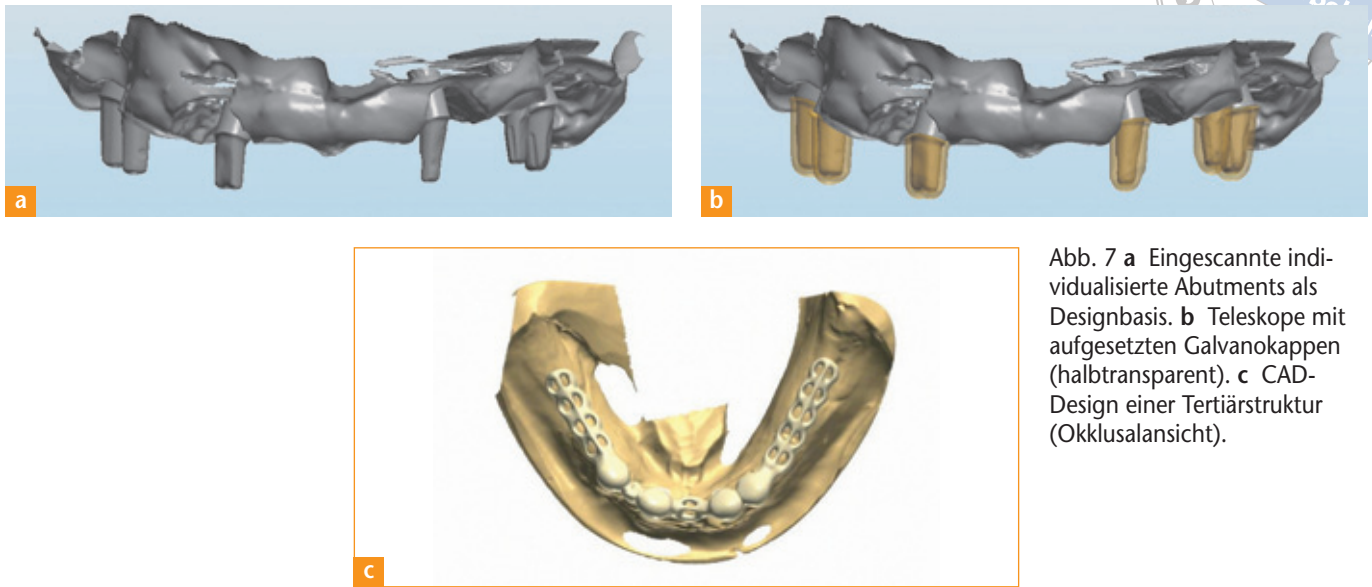


Abb. 7 **a** Eingescannte individualisierte Abutments als Designbasis. **b** Teleskope mit aufgesetzten Galvanokappen (halbtransparent). **c** CAD-Design einer Tertiärstruktur (Okklusalanzeige).

1. Belser U, Buser D, Higginbottom F. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding esthetics in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19 Suppl:73-74.
2. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D, Sorensen JA. Reconstruction of esthetics with a digital approach. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2011;31:185-193.
3. Beuer F, Stimmelmayer M, Gernet W, Edelhoff D, Güh JF, Nauman M. Prospective study of zirconia-based restorations: 3-year clinical results. *Quintessence Int* 2010;41:631-637.
4. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. *Compend Contin Educ Dent* 2008;29:494, 496, 498-505.
5. Garber DA. The esthetic dental implant: letting restoration be the guide. *J Oral Implantol* 1996;22:45-50.
6. Gojowy T. Wie arbeitet ein CAD/CAM-Fräszentrum? *Quintessenz Zahntech* 2002;28:648-653.
7. Harder S, Kern M. Survival and complications of computer aided-designing and computer-aided manufacturing vs. conventionally fabricated implant-supported reconstructions: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009;20 Suppl 4:48-54.
8. Larsson C, Vult von Steyern P, Nilner K. A prospective study of implant-supported full-arch yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal mandibular fixed dental prostheses: three-year results. *Int J Prosthodont* 2010;23:364-369.
9. Linkevicius T, Apse P. Biologic width around implants. An evidence-based review. *Stomatologija* 2008;10:27-35.
10. Linkevicius T, Vindasiute E, Puisys A, Peculiene V. The influence of margin location on the amount of undetected cement excess after delivery of cement-retained implant restorations. *Clin Oral Implants Res* 2011;doi: 10.1111/j.1600-0501.2010.02119.x. [Epub ahead of print]
11. McLaren E. CAD/CAM Dental technology. *Compend Contin Educ Dent* 2011;32:73-76, 78-80, 82.
12. Santosa RE, Martin W, Morton D. Effects of a cementing technique in addition to luting agent on the uniaxial retention force of a single-tooth implant-supported restoration: an in vitro study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:1145-1152.
13. Schweiger J, Beuer F, Edelhoff D. Digitaler Workflow, Teil 2. *Quintessenz Zahntech* 2010;36:1376-1382.
14. Zembic A, Sailer I, Jung RE, Hämmerle CH. Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:802-808.

### Literatur



Dr. med. dent. Peter Gehrke  
Prof. Dr. Dohm & Partner  
Bismarckstraße 27  
67059 Ludwigshafen  
E-Mail: dr-gehrke@prof-dhom.de

ZT Carsten Fischer  
Lyoner Straße 44-48  
60528 Frankfurt/mAIn

ZTM Björn Roland  
Raiffeisenstraße 7  
55270 Klein-Winterheim