

# CAD/CAM – ein Bestandteil der Digitalisierung

| ZÄ Teresa Galosi, Dr. med. dent. Jan-Frederik Güth, Priv.-Doz. Dr. med. dent. Florian Beuer, Prof. Dr. med. dent. Daniel Edelhoff

Im letzten Jahrzehnt ist die CAD/CAM-Technologie ein wichtiger Bestandteil der Zahnmedizin geworden. Sie gilt bei Zahntechnikern, Zahnärzten und der Dentalindustrie als zukunftsweisende Technik zur Erhöhung der Behandlungseffizienz, der Standardisierung der Fertigungskette für Zahnersatz und zur Erschließung neuer Werkstoffgruppen und Behandlungskonzepte. Aufgrund der Anzahl der Möglichkeiten und der hohen Innovationsrate an Methoden und Materialien, die die digitale Zahnmedizin bietet, fällt es dem Praktiker nicht immer leicht, einen Überblick zu behalten. Insbesondere die intraorale digitale Abformung wartet mit einer Vielzahl an neuen Möglichkeiten der Zusammenarbeit und Herstellung auf. Dieser Artikel gibt einen Überblick.

**C**AD/CAM-Systeme bestehen grundsätzlich aus drei Komponenten: dem intraoralen Scanner, der Konstruktionssoftware und der Fertigungseinheit (Beuer et al., 2008). Der Unterschied zwischen den einzelnen Systemen und den mit ihnen verbundenen klinischen Arbeitsabläufen besteht vor allem im Standort ihrer Einzelkomponenten. So beginnt der CAD/CAM-Prozess mit der Digitalisierung der Situation. Diese kann nach konventioneller Abformung und Anfertigung eines Modells im Labor (labside) erfolgen oder direkt durch digitale intraorale Erfassung im Mund des Patienten (chairside) (Abb.1).

Bei der Labside-Digitalisierung werden Digitierscanner (mechanische Abtas-



Abb. 2: CAD/CAM-System CEREC: Intraoraler Scanner, Konstruktionssoftware und Fertigungseinheit (Sirona, Quelle: Sirona).

tung) und optische Scansysteme differenziert (Schweiger, 2009). Das Dateiformat der verwendeten Datensätze stellt das STL-Format (Standard Tessellation Language) dar.

Der weitere Weg der computergestützten Restaurationsherstellung (digital workflow) kann somit in der Praxis (Abb. 2), dem Dentallabor oder einer zentralen Fertigungsstätte stattfinden (Güth et al., 2009). Langzeitstudien mit

einer Beobachtungsphase von teilweise mehr als zehn Jahren weisen eine ausgezeichnete Überlebensrate vollkeramischer Restaurationen auf (Reiss et al., 2000). So bildet die computergestützte Fertigung von Zahnrestaurationen in vielen Praxen und Laboratorien heute eine etablierte Standardmethode und bildet einen immer größeren Anteil am Gesamtmarkt der festsitzenden Restaurationen.

## Welche Vorteile bringt CAD/CAM?

Die Vorstellung des ersten Chairside-CAD/CAM-Systems im Jahr 1985 rief



Abb. 1: Digitale intraorale Erfassung mit dem Lava™ Chairside Oral Scanner C.O.S. (3M ESPE, Quelle: 3M ESPE).

# Eine bioaktive Membran für zuverlässige Ergebnisse

DYNA **MATRIX**<sup>™</sup>  
Extracellular Membrane



- **DynaMatrix** ist eine extrazelluläre Matrix (ECM), die ihre natürliche Kollagenzusammensetzung und andere wichtige Komponenten für das Wachstum neuer Zellen und Geweberemodelling behält.
- **DynaMatrix ist mehr als nur Kollagen** – DynaMatrix liefert 2 entscheidende Elemente für ein erfolgreiches Gewebetransplantat und fördert die Gewebeheilung und Geweberegeneration des Patienten.

## Matrix

Die Kollagenbasis und die dreidimensionale Struktur von DynaMatrix bieten das Gerüst für eine Geweberegeneration.



Durch das Zusammenwirken der einzigartigen Komponenten von DynaMatrix wird das Wachstum neuer Zellen im Körper angeregt – ein wesentlicher Aspekt bei Heilung und Geweberemodelling.

Durch die Interaktion der ECM-Komponenten in DynaMatrix miteinander und mit den Zellen kommt es zur Bildung eines hochkomplexen Kommunikationsnetzes, das für das erfolgreiche Geweberemodelling erforderlich ist.

**Bitte fordern Sie unter der 02222-9294-0 ein Gratis-Exemplar an.**



Abb. 3: CAD/CAM-Rohlinge aus Hochleistungskeramik und -polymere Feldspatkeramikblock VITA, Kompositblock VITA und Leucit-Glaskeramikblöcke Ivoclar Vivadent (von links nach rechts).

bei vielen Zahnärzten und Zahntechnikern noch kritische Stimmen und Misstrauen hervor. Heute, fast 25 Jahre nach Einführung des CEREC I (Siemens Dental, heute Sirona, Bensheim) sind die „Kinderkrankheiten“ dieses Systems ausgeheilt und die heutige CAD/CAM-Technologie bringt vielfältige Möglichkeiten der digitalen Zusammenarbeit mit zahlreichen Vorteilen für Patienten, Zahnärzte und Zahntechniker.

Hinsichtlich klinischer und ökonomischer Werthhaftigkeit ist CAD/CAM-gefertigter Zahnersatz eine hervorragende Alternative zu herkömmlichen direkten und indirekten Restaurationen (Mörmann et al., 2008).

Aus klinischer Sicht wurde durch die CAD/CAM-Fertigung der Zugang zu neuen, nahezu fehlerfrei industriell vorgefertigten Restaurationsmaterialien, z.B. Hochleistungskeramiken, wie Zirkonium- oder Aluminiumdioxid und Hochleistungspolymere geschaffen (Abb. 3). Dies ermöglichte Zahnärzten und Technikern eine Erweiterung der Indikation für hochästhetischen, vollkeramischen Zahnersatz.

Durch die Einführung von hoch vernetzten Kunststoffen/Kompositen stehen dem Patienten eine kostengünstige Versorgung durch CAD/CAM-gefertigte Langzeitprovisorien zur Verfügung. Diese erlauben es, den Zahnersatz zunächst Probe zu tragen. In dieser Phase können Patient und Zahnarzt gemeinsam die funktionelle und ästhetische Ausführung der späteren definitiven Versorgung austesten. Nach erfolgreichem Probetragen kann auf der Basis des vorliegenden digitalen Datenmate-

rials die Herstellung des definitiven Zahnersatzes erfolgen. Dieses Vorgehen eignet sich besonders bei komplexen Rehabilitationen, die eine Bisshebung erfordern (Edelhoff et al., 2010).

In Zeiten der Internet-Zahnersatzbörsen, Auslandszahnersatz und des internationalen Dentaltourismus spielt der Preis für zahntechnische Arbeiten eine zentrale Rolle in der Therapieplanung. Durch die automatisierte Herstellung ist es möglich, qualitativ hochwertige Endprodukte zu einem marktgerechten Preis anzubieten. Auf diese Weise können Zahnärzte und Dentallabors global wettbewerbsfähig bleiben und sich gegenüber ausländisch angefertigten Restaurationen in Billiglohnländern durchsetzen. Damit wird der Standort Deutschland gestärkt.

Die digitale computergestützte Herstellung von Zahnersatz kann zudem helfen, das Qualitätsmanagement der Zahnarztpraxis zu rationalisieren. So wurde die Reproduzierbarkeit und Rückverfolgbarkeit der Konstruktionsdaten sowie die Material- und Chargendefinition im Sinne des Qualitätsmanagements vereinfacht.

Durch die Markteinführung der Intraoralscanner können die Arbeitsschritte insgesamt minimiert und die Anfertigung einer prothetischen Rekonstruktion vereinfacht werden.



Abb. 4: Intraoraler Scanner CEREC AC mit Bluecam (Sirona, Quelle: Sirona).

### Intraorale digitale Erfassung

Erfolgte der Einstieg in die CAD/CAM-gestützte Herstellung von Zahnersatz bisher über die konventionelle Abformung, das Gipsmodell und die extraorale Digitalisierung, so kann die intraorale Situation inzwischen direkt am Patienten digital erfasst werden. Der Aufwand zur Herstellung prothetischer Restaurationen wird durch die Verwendung der Intraoralscanner erneut minimiert und rationalisiert.

Für die digitale Abformung (digital impression) sind weltweit mehrere Systeme erhältlich: CEREC AC mit Bluecam (Sirona, Deutschland) (Abb. 4), LAVA Chairside Oral Scanner C.O.S. (3M ESPE), iTero (Cadent, USA), E4D (D4D Technologies, USA), directScan (Hint-ELs, Deutschland) (Schweiger, 2009). Generell muss bei diesen Systemen unterschieden werden, ob eine chairside-Fertigung des Zahnersatzes möglich ist, oder die Daten via Internet in ein zahntechnisches Labor übertragen werden und die Herstellung dort oder in einem zentralen Fertigungszentrum erfolgt. Die Erfassungsmethoden (Einzelbilder/Videsequenz, Streifenlicht/Laser) unterscheiden sich von System zu System (Schweiger, 2009). Generell ähneln sich die Arbeitsabläufe der einzelnen Systeme jedoch.

Aus mehreren Aufnahmen, die hinterher von der Software kombiniert und zusammengesetzt werden, entsteht ein Abbild der erfassten Region. Auf diese Weise können je nach System vollständige Kiefer (Abb. 5), präparierte Zähne und deren Antagonisten in ein virtuelles Modell umgesetzt werden.

Die erfassten Bereiche werden entweder zeitgleich mit der intraoralen Erfassung (real-time) oder direkt im Anschluss an den Scan als dreidimensionales virtuelles Modell auf dem Bildschirm dargestellt.

Auch die Erfassung der statischen Okklusion ist entweder durch die vestibuläre Erfassung der geschlossenen Zahnreihen oder der Aufnahme des Bissregistrates möglich.

Die computergestützte digitale Abformung bietet für Patient, Zahnarzt und Zahntechniker wesentliche Vorteile. Der Wegfall einer konventionellen Abformung stellt einen erhöhten Patientenkomfort dar, der sich positiv auf





Abb. 5

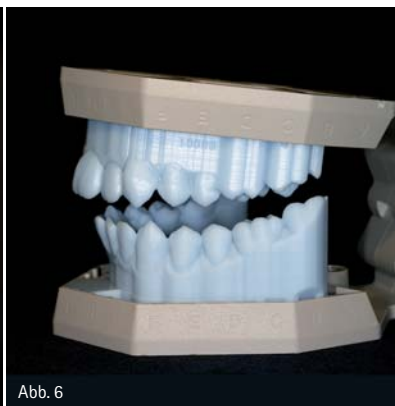


Abb. 6

Abb. 5: Digitale intraorale Erfassung des Ober- und Unterkiefers mit dem Lava™ C.O.S. – Abb. 6: Mit Stereolithografie digital hergestelltes Modell.

das Arzt-Patienten-Verhältnis auswirken kann.

Durch das optische Abformen entfallen auch eventuell auftretende Dimensionsänderungen des Abformwerkstoffes sowie mögliche Unverträglichkeiten gegenüber dem verwendeten Material. Durch die 3-D-Präparationsvermessung kann der Zahnarzt zeitnah eine Qualitätskontrolle seiner Präparation vornehmen. Das heißt, die Berücksichtigung der Platzverhältnisse und die daraus resultierenden Mindestschichtstärken, der Präparationswinkel, die Präparationsgrenze oder die Einschubrichtung können dreidimensional überprüft werden. Präparations- oder „Abformfehler“ können damit zeitnah in derselben Behandlungssitzung korrigiert und erneut digital erfasst werden. Das verringert die Anzahl der Behandlungssitzungen, steigert die Qualität und minimiert die Neuanfertigungsrate und somit die Kosten, was sich nicht zuletzt auch für den Patienten positiv auswirkt. Zudem wird der wichtige Informationsaustausch zwischen Zahnarzt und Zahntechniker durch die Möglichkeit, von verschiedenen Orten aus zeitgleich auf das virtuelle Modell zuzugreifen, vereinfacht. Durch die Archivierung der 3-D-Datensätze eines Patienten in einer eigenen Datenbank wäre es denkbar, die Grundmorphologie der Zähne zu speichern und für später anfallende Restaurationen wiederzuverwenden. Zusätzlich kann die intraorale Erfassung in unterschiedlichen Behandlungssitzungen auch als Verlaufskontrolle (Monitoring) dienen.

Der Weg bis zur abformfreien Praxis ist jedoch trotz der bereits bestehenden Technik sicherlich noch lang. Optisch schwer darstellbare Bereiche der Mundhöhle müssen auch zukünftig mit der herkömmlichen Methode abgeformt werden, um dann extraoral digitalisiert zu werden.

Auch bei der digitalen Erfassung sind eine perfekte Blutstillung, ein optimales Gingivamanagement und die Trockenlegung des abzuformenden Bereichs unumgänglich. Zudem müssen bei den meisten Systemen die stark reflektierenden intraoralen Oberflächen mittels Titandioxidpuder oder -spray kontrastiert werden.

Die heute gängigen Gipsmodelle können nach digitaler Erfassung nicht mehr hergestellt werden. An ihre Stelle treten durch Stereolithografie (SLA) oder durch Fräsung aus dem vorhandenen Datensatz hergestellte Kunststoffmodelle (Baltzer et al., 2009).

Bei der Stereolithografie härtet ein Laserstrahl nacheinander hauchdünne Schichten einer fotosensitiven Epoxidharz-Matrix aus und baut so ein SLA-Modell (Abb. 6). Einerseits wird das Arbeiten im „Digital Workflow“ dadurch perfektioniert, andererseits sind Modelle bei einigen Arbeitsschritten unentbehrlich: Für die Verblendung von CAD/CAM-hergestellten Zirkoniumdioxidgerüsten muss beispielsweise die Kontaktposition zu den Nachbarzähnen und zur antagonistischen Bezahnung umgesetzt werden (Abb. 7 bis 9). Auch im Beratungsgespräch mit dem Patienten kann die intraorale Situation anhand solcher

pay less.  
get more.



Mit Semperdent  
Prämienmeilen sammeln.

**Miles & More**  
Lufthansa

Wir sichern  
Ihr  
Standbein  
Zahnersatz

Mehr Gewinn  
durch den  
"Einsatz" von  
Semperdent!



**semperdent**

Zahnersatz  
seit 1989...

Semperdent GmbH  
Tacklenweide 25  
46446 Emmerich

Tel. 0800. 1 81 71 81  
Fax 0 28 22. 9 92 09  
info@semperdent.de

www.semperdent.de

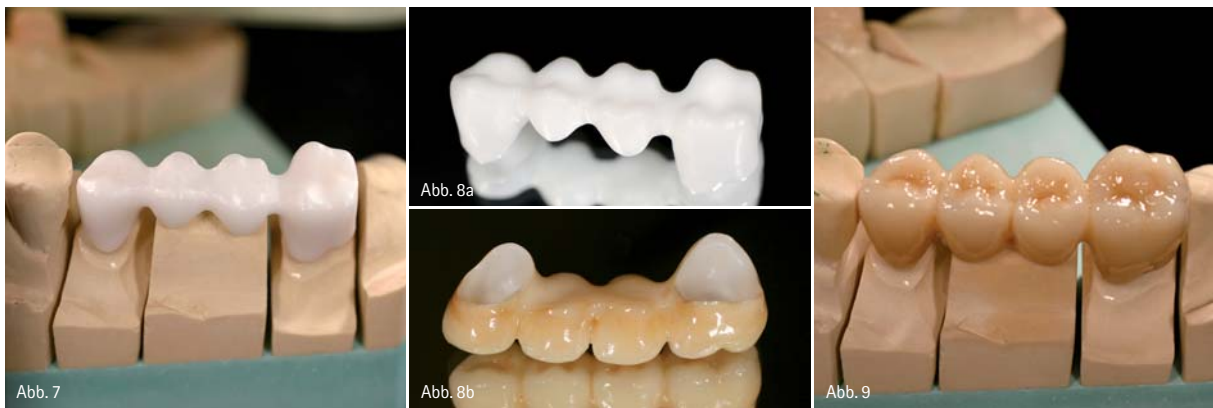


Abb. 7: Modelle sind für Verblendungen von CAD/CAM-hergestellten Zirkoniumdioxidgerüsten unentbehrlich, damit die Kontaktposition zu Nachbarzähnen und Antagonisten umgesetzt werden können. – Abb. 8a: Brückengerüst 15 bis 17 aus Zirkoniumdioxid, geätzt nach Einscannen des Modells. – Abb. 8b: Verblendete und bemalte Zirkoniumdioxidbrücke. – Abb. 9: Zirkoniumdioxidbrücke vor Einsetzen.

Modelle plastischer und verständlicher erklärt werden.

Allerdings entfällt bei den stereolithografischen Modellen die Kontrollfunktion, da die Modelle ungenauer sind als das geätzte Gerüst der Versorgung. Dies erfordert sicherlich eine gewisse Umgewöhnung vonseiten der Zahnärzte und Zahntechniker.

### Digitale Zukunft

Durch fortwährende Neuentwicklungen der Hard- und Software dentaler CAD/CAM-Systeme können zukünftig neue Herstellungswege und effizientere Behandlungskonzepte erstellt werden. Die optische Abformung und die elektronische Vermessung der dynamischen Okklusion für virtuelle Artikulatoren stellen sowohl für den Patienten als auch für den Zahnarzt eine angenehmere Behandlung dar. So könnte das okklusale Einschleifen auf ein Minimum reduziert werden.

Bei der Herstellung vollanatomischer Monoblockrestaurationen könnte die Kombination verschiedener Daten, wie die elektronische Farbbestimmung und die Integration von Daten zu Kieferbewegungen in einen virtuellen Artikulator, eine effizientere Anfertigung des Zahnersatzes ermöglichen. Auch die Kombination mit digitalen Axiografiemessgeräten führt zu einer höheren Genauigkeit und vereinfacht zudem die Informationsübermittlung an den Zahntechniker.

Eine Verknüpfung mit extraoralen Scandaten zum Beispiel mit Gesichtsscannern könnte die Zahnersatzplanung auch im ästhetischen Bereich per-

fektionieren. Notwendige Veränderungen der Vertikaldimension durch prothetische Versorgungen, die Veränderungen im Gesichtprofil bewirken, können mit dieser Technik vor Therapiebeginn simuliert und beurteilt werden. Im Zuge der 3-D-Planungen wird es in Zukunft möglich sein, die intraoral gewonnenen Scandaten mit denen eines digitalen Volumentomogrammes (DVT) zu kombinieren. Die gesamte Implantatplanung kann dann virtuell durchgeführt werden und ermöglicht den Verzicht auf eine Radiologie-Planungsschablone. Einige Firmen bieten hierfür CAD-Zusatzkomponenten an, die als Planungsgrundlage für die Implantatposition und die Erstellung der Bohrschablone verwendet werden können.

### CAD/CAM in der Implantologie

Auch wenn die intraorale digitale Erfassung von Implantaten zurzeit noch nicht möglich ist, kann die CAD/CAM-Technologie bereits bei der prothetischen Versorgung von Implantaten erfolgreich eingesetzt werden. Industriell vorgefertigte, konfektionierte Implantataufbauten bringen oftmals Nachteile mit sich, die durch spezielle CAD/CAM-hergestellte Implantatabutments und Suprakonstruktionen vermieden werden können. Konfektionierte Implantataufbauten weisen meist eine ungünstige Angulierung auf, die durch die Individualisierung des Abutments ausgeglichen werden kann. Als Materialien für CAD/CAM-Abutments stehen Titan und Zirkoniumdioxid zur Verfügung. Die Herstellung dieser individuellen Abutments erfolgt dann, je nach

Ausrüstung, im Labor oder in zentralen Fertigungszentren (z.B. Straumann CAD/CAM, Astra Tech Atlantis oder Nobel Procera) (Abb. 10 und 11).

Es ist jedoch nicht nur möglich Einzelzahnabutments, sondern auch große Kronen- und Brückengerüste zur Versorgung mehrerer Implantate CAD/CAM-generiert anzufertigen. Auch verschraubte Stegkonstruktionen mit Galvanosekundärteil beziehungsweise konfektionierte Retentionselemente können durch diese Technik umgesetzt werden. Je komplexer die Suprakonstruktion, desto wichtiger ist es, Spannungen zu minimieren und Passungengenauigkeiten zu verhindern. Die CAD/CAM-Technologie ist hier den konventionellen Herstellungsverfahren überlegen. Der perfekte passive Sitz und die daraus resultierende Spannungsfreiheit stellen die größten Vorteile dieser Fertigungsmethode dar. Viele der traditionellen Arbeitsschritte, wie die Wachsmodellation, das Anstiften vor dem Guss, das Gießen und Ausbetten sowie das zeitaufwendige Ausarbeiten des Gerüsts, entfallen. Mögliche Verarbeitungsfehler und eine daraus resultierende Neuanfertigung können somit durch die CAD/CAM-gestützte Herstellung vermieden werden. Das virtuelle Modellieren ersetzt die Modellation in Wachs oder Kunststoff und mithilfe von Querschnittsbildern kann am Monitor die Dimensionierung des Gerüsts exakt überprüft werden. Bestimmte Arbeitsschritte, die mehrere Stunden Zeit beanspruchen, können heutzutage digital in wenigen Minuten realisiert werden. Aufwendige Versorgungen ver-

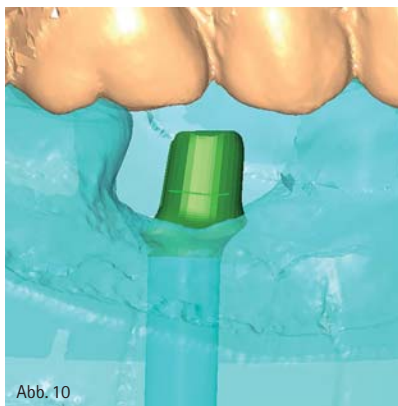


Abb. 10

Abb. 10: Screenshot vom zentralen Fertigungszentrum Astra Tech Atlantis zur Herstellung eines individuellen Abutments für eine Einzelzahnkrone auf ein Implantat Regio 36. – Abb. 11: Individuell digital hergestelltes Abutment auf Modell direkt aus dem Fertigungszentrum Astra Tech Atlantis.

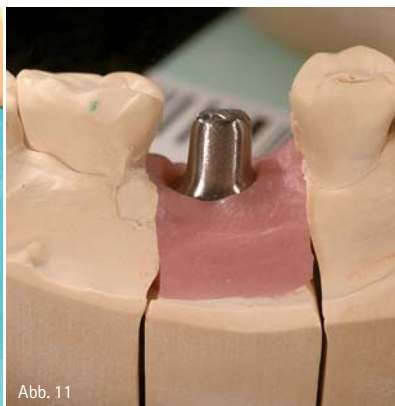


Abb. 11

schiedener Implantatsysteme wie auch die Kombination der Systeme innerhalb einer größeren Versorgung können somit realisiert werden.

### Rapid Prototyping – Innovative Herstellungsmethoden

Als Rapid Prototyping (RP-Verfahren) bezeichnet man, im Gegensatz zum subtraktiven Bearbeiten durch Fräs- und Schleifprozesse, die additive Herstellung von Werkstücken.

Durch eine sehr hohe Leistungsfähigkeit dieser generativen Fertigungsverfahren ist eine kostengünstige Herstellung von Nicht-Edelmetall- (NEM-) und Edelmetalllegierungs-Gerüsten für die VMK- und Kunststoffverblendtechnik möglich. Durch dieses sog. Lasersinterverfahren können auch Metallgerüste mit Geometrien, die nicht gefräst werden können, erstellt werden. Der Indikationsbereich für CAD/CAM-Restaurationen wird dadurch stark erweitert. Die Anwendung dieser additiven Verfahren bei der Herstellung keramischer Werkstoffe stellt sich als deutlich schwieriger dar. Hier müssen die weiteren Entwicklungen abgewartet werden.

Durch das DDP-Verfahren (Digital Dental Printer) ist es mittlerweile möglich provisorischen Zahnersatz aus Komposit additiv herzustellen. Temporäre Versorgungen sowie diagnostische Schablonen können dadurch schneller und effektiver hergestellt werden.

### Klinische Studien fehlen

Die CAD/CAM-Technologie weist ein erstaunliches Entwicklungspotenzial auf und trotz der bereits bestehenden Inno-

vationen und Fortschritte schreitet die Entwicklung stetig voran. Die zunehmende Digitalisierung der Arbeitsschritte und Verknüpfung der gewonnenen Daten mit weiteren digital erfassten Einflussgrößen wird das Berufsbild des Zahnarztes und Zahntechnikers nachhaltig ändern. Der Einsatzbereich der CAD/CAM-Systeme wird sich durch die fortschreitende Entwicklung eines digitalen Artikulators enorm erweitern und auch in der herausnehmbaren Prothetik Einzug finden. Zusätzlich werden viele neue Variationen an Zusammenarbeit zwischen Zahnarzt und Zahntechniker sowie im Bereich der Fertigungswege entstehen. Zahnärzte und Zahntechniker können weiterhin erwartungsvoll in die digitale Zukunft blicken. Jedoch gibt es nach wie vor wenig klinische, unabhängige Studien. Alle innovativen Techniken werden sich nur durchsetzen, wenn effektvolle Verbesserungen im Vergleich zur herkömmlichen Herstellung vorliegen und diese auch durch klinische Studien belegt werden.

### ZWP online

Die Literaturliste steht zum Download unter [www.zwp-online.info/fachgebiete/zahntechnik](http://www.zwp-online.info/fachgebiete/zahntechnik) bereit.

## kontakt.

### ZÄ Teresa Galosi

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
Klinikum der Universität München  
E-Mail:

[Teresa.Galosi@med.uni-muenchen.de](mailto:Teresa.Galosi@med.uni-muenchen.de)  
[www.prothetik.med.lmu.de](http://www.prothetik.med.lmu.de)

# ERFAHRUNG MACHT DEN UNTERSCHIED.



## IMPLANTOLOGIE Curriculum

26.04.-02.05.2010 GÖTTINGEN

Drei Gründe, warum immer mehr Kollegen ihr Curriculum Implantologie beim DZOI machen:

- **Dezentrales Chairside Teaching-Praxis**  
... praktische Ausbildung in einer Teaching-Praxis eines Kollegen ganz in Ihrer Nähe.  
Die Termine stimmen Sie selbst mit der Praxis ab!
- **Blockunterricht**  
... konzentrierter Unterricht – 7 Tage an der Universität Göttingen!
- **Testbericht**  
... weil die ZWP-Zahnarzt-Wirtschaft-Praxis in ihrem großen Curricula-Vergleichstest festgestellt hat:

213 Fortbildungspunkte

„Schneller und kompakter gelingt der Einstieg in die Implantologie woanders kaum!“

## LASERZAHNMEDIZIN Curriculum

### Modul II

17.09.-19.09.2010 LANDSHUT

Zertifizierte Weiterbildung in Zusammenarbeit mit der SOLA unter der wissenschaftlichen Leitung von Dr. Manfred Wittschier:

- **2 ½ Tage-Intensivkurs basierend auf Modul I**
- **Hospitation beim Einsatz am Patienten (verschiedene Laser)**
- **Live-Übertragung von Therapien, Hands-on Training**
- **Zertifikat „Curriculum Laserzahnmedizin DZOI/SOLA“ nach bestandener Prüfung**



### Informationen und Anmeldung:

Deutsches Zentrum  
für orale Implantologie e.V.

Hauptstr. 7 a | 82275 Emmering  
Tel.: 0 81 41.53 44 56 | Fax: 0 81 41.53 45 46  
[office@dzo.de](mailto:office@dzo.de) | [www.dzo.de](http://www.dzo.de)