

# Digitale Abformung ante portas

17. Jahrestagung der DGCZ zeigt neue Perspektiven auf



**Abbildung 1** Referenten der DGCZ-Tagung (v.l.n.r.): Dr. Schenk, Köln, Prof. Mehl, Zürich, Dr. Wiedhahn, Buchholz, Dr. Müller, München, PD Dr. Bindl, Zürich, Dr. Reiss, Malsch, Dr. Schweppe, Fröndenberg, Zahnarzt Neumann, Berlin, Dr. Ritter, Köln, Dr. Fritzsche, Hamburg, PD Dr. Reich, Leipzig, Prof. Kordaß, Greifswald. Nicht im Bild: Prof. Arnetzl, Dr. Arnetzl, Prof. Klaiber, Dr. Pfeiffer. (Foto: Fabry)

Auf der Jahrestagung der DGCZ (Deutsche Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde e.V.) in Dresden wurde unter der Leitung von Dr. Bernd Reiss, Malsch, und Dr. Klaus Wiedhahn, Buchholz (Abb. 1) der Workflow der „Digitalen Abformung und der Arbeitsprozess mit dem stereolithografischen ZT-Modell“ vorgestellt. Damit beginnt das Zeitalter der digitalen Abformung. Weiterer Höhepunkt war die Überlagerung der digitalen Volumentomographie (DVT) mit der optoelektronischen Messaufnahme, die die klinische Situation in das DVT-Bild transportiert und die Implantatplanung sicherer gestaltet.

## Die minimalinvasive Alternative

Als Protagonist der konservierenden Behandlung mit Komposit fokussierte

Prof. Bernd Klaiber, Universität Würzburg, in seinem Referat zur „Ästhetik und Funktion mit Komposit anstatt Keramik“ auf therapeutische und ästhetische Restaurationslösungen aus Kunststoff, wenn minimal-invasive oder sogar non-invasive Vorgehensweisen genutzt werden können. Eine Versorgung mit Komposit mit begrenzter Ausdehnung ist immer dann angezeigt, wenn ästhetische Ansprüche dominieren und andere Restaurationswerkstoffe einen größeren Substanzverlust zur Schaffung einer ausreichenden Retention oder aus Gründen der Stabilität extensive Materialmindeststärken erforderlich sind. So hat sich klinisch bewährt, Umwandlungen von unharmonischen Zahnformen im ästhetisch sensiblen Frontzahnbereich, bei angeborenen oder erworbenen Zahnmalokklusionen und Diastema mit Komposit auszuführen. Nach kieferorthopädischen Stellungsumformungen können

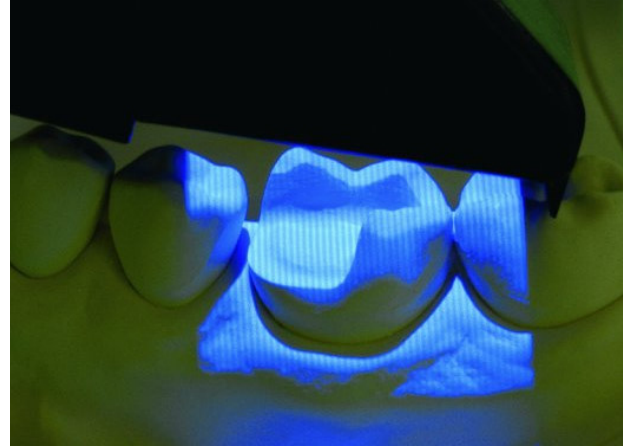
dadurch entstandene Lücken (Abb. 2) mit Komposit geschlossen werden. Observierungszeiten bis zu 13 Jahren haben laut Prof. Klaiber deren Funktionsfähigkeit bewiesen. Vorteil der minimal-invasiven oder non-invasiven Maßnahmen ist, dass sie bei einem ästhetischen oder funktionellen Misserfolg weitgehend rückgängig gemacht werden können.

## Vollkeramik „nach Maß“

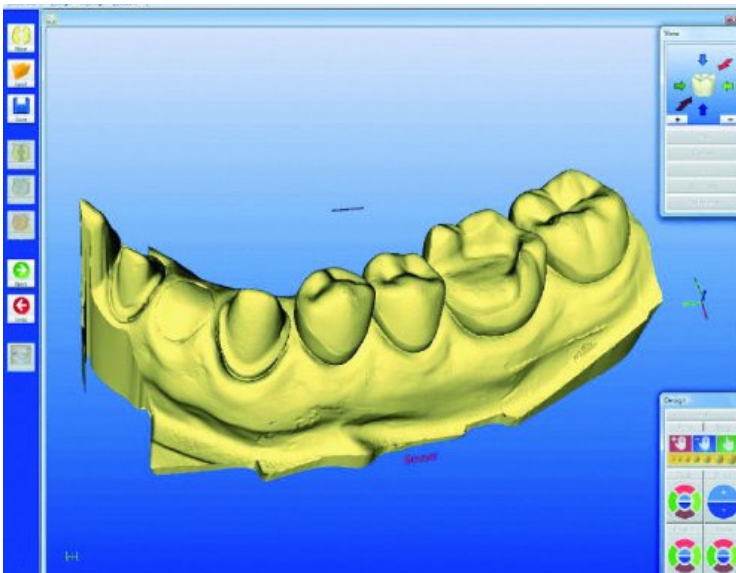
Mit einem Werkstoffüberblick startete PD Dr. Sven Reich, Universität Leipzig, eine „Navigation durch das Marktangebot schleifbarer CAD/CAM-Keramiken“. Der Einsatz der verschiedenen Keramiken orientiert sich an einem Ordnungssystem, deren Endpunkte von der Ästhetik oder von der klinischen Belastbarkeit und in diesem Zusammenhang auch vom Einsatzort im Kieferbogen bestimmt werden. Silikatkeramik, bekannt durch ihre lichttransmittierende „Chamäleonwirkung“, schuf sich ihre Kompetenz für Einlagefüllungen, Teilkronen, Veneers, Kronen, vornehmlich im Frontzahn- und Prämolarenbereich. Für erweiterte Ästhetikansprüche, auch für Kronen und dreigliedrige Brücken bis zum zweiten Prämolare, wurde Lithiumdisilikatkeramik in abgestuften Opazitäten entwickelt, die sowohl im Pressverfahren als auch in der Schleifeinheit verarbeitet werden können. Gerüstkeramiken, die aus Gründen der Festigkeit eine opake Struktur haben und deshalb verblendet werden müssen, bestehen aus Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) und Zirkonoxid ( $ZrO_2$ ). Aufgrund der semileitenden Eigenschaft ist  $Al_2O_3$  für verblendete Kronen und Brücken im Frontzahn- und Prämolarenbereich geeignet. Für den Seitenzahneinsatz hat sich besonders Zirkonoxid qualifiziert (1200 MPa).  $ZrO_2$  hat sich auch als Werkstoff für Implantat-Abutments, für Primärkronen in der Teleskop-Prothetik und als Gerüst mit „Flügeln“ für Adhäsivbrücken bewährt.



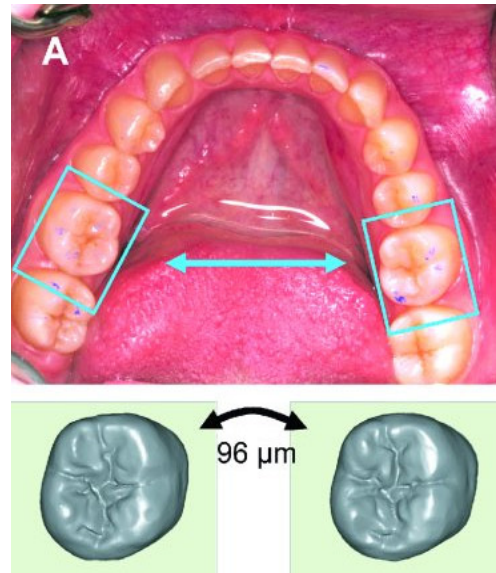
**Abbildung 2** Zahnumformung nach kieferorthopädischer Regulierung.  
(Foto: Klaiber)



**Abbildung 3** Kurzwelliges Blaulicht erhöht intraoral die Messgenauigkeit.  
(Foto: Ender)



**Abbildung 4** Mehrere Einzelaufnahmen generieren ein virtuelles Quadrantenmodell.



**Abbildung 5** Biogenik für Kronenkaufflächen: „Zwillingszähne“ sind sehr ähnlich mit geringen Abweichungen.  
(Fotos: Abb. 4 u. 5: Mehl)

## Neue Digitaltechniken

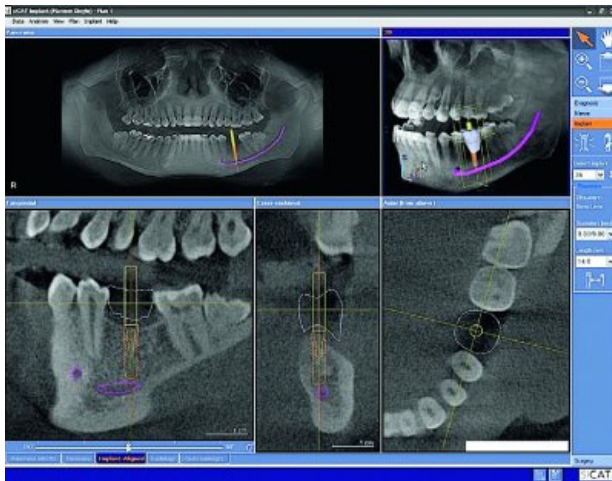
Prof. *Albert Mehl*, Zürich, berichtete über die intraorale Messtechnik mit kurzwelligem Licht und die biogenerische Kauflächengestaltung. Die höhere Auflösung gelang dadurch, dass die Wellenlänge der Aufnahmeeinheit mittels Blaulicht emittierender LED-Dioden auf 470 Nanometer gesenkt wurde (Abb. 3). Dadurch wuchs die Messgenauigkeit der Einzelaufnahme auf 20 µm, ebenso die Tiefenschärfe. Die Messzeit wurde auf 154 Millisekunden verkürzt, eine Verwacklungskontrolle sichert die Bildschärfe. Durch die Überlagerung von mehreren Aufnahmen aus unterschied-

lichen Richtungen kann der Informationsgehalt der Präparationsaufnahmen nun vor allem in steilen und unter sich gehenden Bereichen erhöht werden. Die Messtoleranz wird dadurch nicht negativ beeinflusst (< 11 µm). Bei Quadrantenaufnahmen liegen die Messungenauigkeiten im Vergleich zu einem Referenzscanner bei < 40 µm (Abb. 4).

Vermessungen von Ganzkieferaufnahmen führen laut Prof. *Mehl* noch zu Abweichungen von > 60 µm.

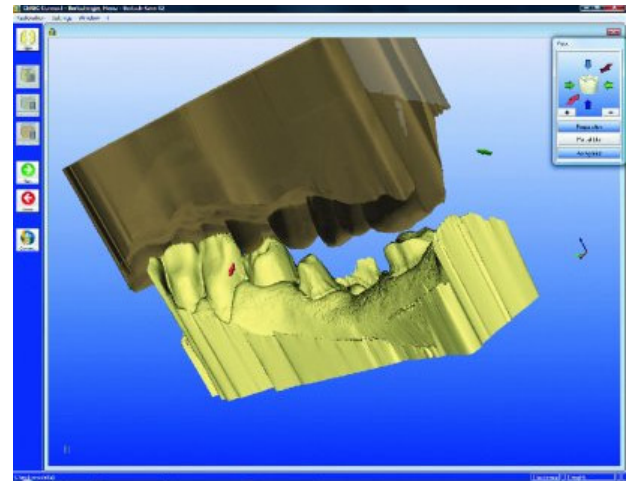
Inzwischen in der Praxis bewährt, basiert die biogenerische Kauflächengestaltung auf dem Naturgesetz, dass hinter jedem Zahn ein genetischer Bauplan steht. Dies ist daran erkennbar, dass

ein großer Anteil der Morphologie kontralateraler Zähne (die spiegelsymmetrisch gegenüber liegen) und auch bei Zähnen von Zwillingen übereinstimmen. Um die Gesetzmäßigkeiten hierfür zu finden, wurden etwa 8.000 kariesfreie Okklusalflächen in einer Zahndatenbank gespeichert, auf ihre Gemeinsamkeiten und ihre differenzierenden Merkmale untersucht und gruppiert. Anhand dieser gefundenen Merkmale kann ein „Zahnsynthesizer“ die unterschiedlichen Kombinationen der in der Natur vorkommenden Morphologien abdecken. Wird nun ein präparierter Zahn, der noch über eine okklusale Restzahnschubstanz verfügt, über die Kamera in das Sys-



**Abbildung 6** Positionierung von Enossalpfeiler, Einschubrichtung und Krone im DVT.

(Foto: Bindl, Sicat)



**Abbildung 7** Virtuelles Modell mit Gegenbiss.

tem eingescannt, wird die Situation mit ähnlichen Morphologien abgeglichen. Die Datenbank schlägt eine Kaufläche vor, die den angetroffenen Merkmalen sehr weitgehend entspricht. Dieses Selektionsverfahren, für Okklusalfächen von Inlays, Onlays und Teilkronen geschaffen, wurde nun für Kronen weiterentwickelt (Abb. 5). Dafür werden zusätzlich Informationen von Antagonisten, Nachbarzähnen oder anderen, unversehrten Zähnen herangezogen, anhand derer die „patiententypische“ Morphologie ermittelt wird.

### Digital formt genauer ab

Prof. *Gerwin Arnetzl*, Universität Graz, verglich die Abformpräzision digital generierter Abformungen mit konventionellen Elastomer-Abdrücken. Wenn konventionelle Abformungen eine Rückstellung nach Verformung von 98,5 % aufweisen, bedeutet das für eine Inlaykavität eine Passungengenauigkeit von 35 – 75  $\mu\text{m}$ . Dazu addieren sich bei Gussobjekten noch Toleranzen von 46,5  $\mu\text{m}$  (Mittelwert), so dass im indirekten Verfahren hergestellte Kronen literaturbelegte Abweichungen von 114  $\mu\text{m}$  erreichen. Digital erzeugte Messaufnahmen wiesen bei unterschiedlichen Behandlern Messgenauigkeiten von ca. 11  $\mu\text{m}$  auf (*Mehl 2009*). Die Abweichungen, bezogen auf einen ganzen Quadranten, liegen bei der analogen Abformtechnik zwischen 72 und 101  $\mu\text{m}$ , während die Messfehlertoleranz bei digitalen Auf-

nahmen in der Größenordnung von ca. 35  $\mu\text{m}$  liegt. Diese Daten belegen laut Prof. *Arnetzl*, dass digital generierte Daten bei korrekter Handhabung von Kamera oder Scanner weniger Fehler und eine größere Präzision aufweisen als die konventionelle Abdrucktechnik mit Elastomeren.

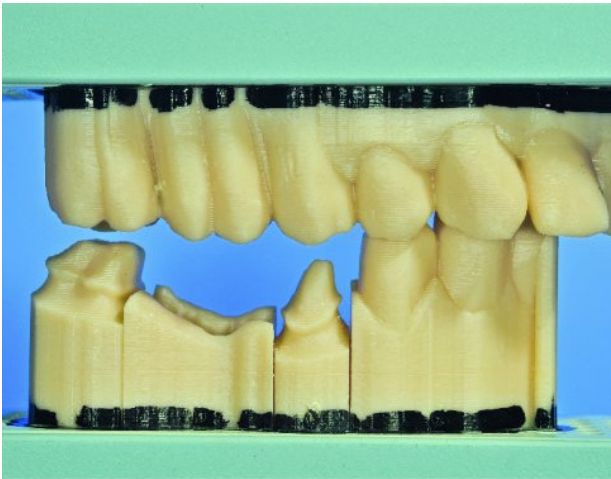
### Implantatplanung präziser und einfacher

Die Implantatplanung mit der digitalen Volumentomographie (DVT) und die chirurgische sowie prothetische Ausführung thematisierte PD Dr. *Andreas Bindl*, Zürich. Mit dem DVT wird die Struktur des Kieferknochens strahlungsarm (19 – 48  $\mu\text{Sv}$ ) dreidimensional abgebildet. Auf Basis von 200 Schichtaufnahmen wird dadurch eine deutlich höhere Qualität der Befundung ermöglicht, verbunden mit der exakten Ortung von anatomischen Strukturen. Für die prothetische Planung wird das Implantatgebiet und die angrenzenden Nachbarzähne mit der optoelektronischen Aufnahmeeinheit intraoral gescannt und ein virtuelles Modell gerechnet. Dieses Modell wird vom Volumentomogramm überlagert; es erfolgt eine exakte Positionierung des Enossalpfeilers, der Suprastruktur und Implantatkrone im 3D-Bild. Die Position des Implantats wird im Mittelpunkt der Kronengrundfläche und in deren Einschubrichtung vorgeschlagen (Abb. 6). Bei Auswahl des für den konkreten Fall vorgesehenen Implantatsystems kann die

Situation mit dem DVT komplett geplant werden. Die enossale Pfeilerposition und die prothetische Suprastruktur in einem Bild bildet die Basis für die Fertigung einer Bohrschablone mit integrierten Titanhülsen für die Enossalbohrung.

### Aus der Praxis für die Praxis

In der Praxis platzierte klinische Feldstudien haben den Vorteil, dass die dokumentierten Fälle sich aufgrund der Patiententreue über einen langen Zeitraum verfolgen lassen. Eines der wenigen Studien, die vollkeramische Restaurationen in einem Praxis-Panel über einen langen Zeitraum begleitet, ist die „Ceramic Success Analysis“ (CSA) unter der Leitung von Dr. *Bernad Reiss*, unterstützt von der DGCZ und der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AG Keramik). Der teilnehmende Zahnarzt gibt seine Befunde online auf der Plattform [www.csa-online.de](http://www.csa-online.de) ein und erhält anonym ein individuelles, grafisches Behandlungsprofil dargestellt, das sein klinisches Vorgehen mit den Ergebnissen aller anderen Studienteilnehmer vergleicht. Derzeit sind mehr als 5700 Restaurationen aus über 200 Praxen Grundlage der Ergebnisse. Die Auswertung von über 3000 Nachuntersuchungen zeigte, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit (Kaplan-Meier) für vollkeramische Inlays, Onlays, Teilkronen und Kronen nach 13 Jahren bei 83 %



**Abbildung 8** Stereolithografisch hergestelltes Modell mit Gegenbiss im Artikulator.



**Abbildung 9** SLA-Modell beim Aufpassen mit Verblendung.


(Fotos: Abb. 7–9: DGCZ)

und damit auf jenem Wert liegt, der in der Literatur auch Gussrestorationen zugeschrieben wird.

### Abdruckfreier Brückenschlag zur Zahntechnik

Dr. Klaus Wiedhahn skizzierte die künftige Prozesskette der „abdruckfreien Praxis“. Voraussetzung für diesen Schritt war, dass die Auflösung der intraoralen Einzelaufnahme gesteigert und die Messfehlerrate deutlich gesenkt werden konnte. Die Einzelaufnahmen werden zu einem Quadrantenmodell zusammen gerechnet, das auch die Gegenbeziehung und Lagebeziehung im Kiefer berücksichtigt (Abb. 7). Dieser Schritt ist besonders für die Kronen- und Brückentechnik bedeutsam, da hiermit

funktionelle Bedingungen erfüllt werden müssen. In das virtuelle Modell werden vom Zahnarzt die Präparationsgrenzen eingezeichnet. Gleichzeitig kann die Praxis mit dem Datensatz eine temporäre Versorgung aus Kunststoff ausschleifen und eingliedern, z. B. eine Krone oder Brücke. Zur Fertigung der zahn-technischen Versorgung geht der Datensatz online an das ZT-Labor; der Zahn-techniker konstruiert die Restauration, das Gerüst wird ausgeschliffen. Das Labor lässt bei infiniDent (Sirona) stereolithografisch ein Modell aus Acrylat herstellen (Abb. 8). Mit diesem Modell wird die Gerüstaufpassung, die Verblendung und Artikulation durchgeführt (Abb. 9). Die Erprober-Ergebnisse zeigten laut Dr. Wiedhahn, dass die Datensätze genauer sind als konventionelle Abdrücke, deren Fehleranfälligkeit Praxisalltag ist – eben-

so ist die Passung der digital gefrästen Gerüste sehr exakt. Der „abdruckfreie Brückenschlag“ ist zur Zeit für die Fertigung von Frontzahn- und Seitenzahnkronen, provisorischen Brücken, Inlays, Onlays und Veneers freigegeben. Laut Dr. Wiedhahn wird diese Entwicklung dazu führen, dass CAD/CAM-Prozesse in Zukunft die Zusammenarbeit zwischen Praxis und Labor weiter optimieren werden, besonders im Bereich der bisher arbeitsaufwändigen Prothetik. 

Manfred Kern, Deutsche Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde e.V. (DGCZ), Karl-Marx-Strasse 124, 12034 Berlin  
Tel.: 0 30 / 76 76 43 86,  
E-Mail: sekretariat@dgcz.org  
Web: www.dgcz.org<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Der Text dieses Tagungsberichts wurde aus Platzgründen gekürzt. Interessenten für den Vollbericht können diesen per E-Mail anordern.