

Lab and CAD/CAM Special

CAD/CAM öffnet weitere Türen

Aktueller Stand der Digitaltechnik zur vollkeramischen Restauration

ZÜRICH/FRANKFURT AM MAIN – Der nachfolgende Bericht basiert auf einem Referat von Prof. Dr. rer. nat., Dr. med. dent. Albert Mehl, Universität Zürich, vorgetragen auf dem Hessischen Zahnärztetag im November 2008 in Frankfurt am Main. Prof. Mehl, der auch promovierter Physiker ist, war maßgeblich an der Entwicklung der Software für biogenerische Kauflächen beteiligt und erhielt 2007 für sein Team den Förderpreis des FVDZ für das Forschungsprojekt „Vollautomatische Rekonstruktion mittels biogenerischem Zahnmodell“. Prof. Mehl hat eine Gastprofessur an der Universität Zürich.

Die TED-Befragung (Teledialog-Abstimmungsverfahren) auf dem Hessischen Zahnärztetag im November 2008 förderte zutage, dass bereits 31 Prozent der versammelten Teilnehmer mit einem CAD/CAM-System an der Behandlungseinheit (chair-side) oder im Praxislabor arbeiten. Auf dem 8. Keramiksymposium der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AG Keramik) gaben 57 Prozent der Zahnärzte zu Protokoll (Abb. 1), dass sie monatlich bis zu 10 vollkeramische Restaurationen herstellen, 28 Prozent bis zu 30 Restaurationen im Monat. Auf die Frage, ob die Qualität von Oxidkeramik-Gerüsten gleichwertig ist wie VMK-Rekonstruktionen, gaben 52 Prozent ihre Zustimmung, 16 Prozent hielten die Oxidkeramik für besser. Ausschlaggebend für diese Präferenzen waren laut TED die Ästhetik des Keramikwerkstoffs, dessen biologische Verträglichkeit und der klinische Langzeiterfolg (Abb. 2). Die Ergebnisse von TED-Befragungen auf Kongressen lagen für die Vollkeramik vor fünf Jahren noch auf geringerem Niveau. Dies kann als Beleg gewertet werden, dass Verarbeitung und Eingliederung von vollkeramischen Restaurationen, die heute bis zu 80 Prozent auf CAD/CAM-Anlagen gefertigt werden, einfacher ge-



Abb. 1: Vollkeramik-Restaurationen werden in hohem Maße auf CAD/CAM-Anlagen gefertigt. Abb.: AG Keramik



Abb. 2: Ästhetik, Biokompatibilität und klinische Bewährung dominieren. Abb.: AG Keramik

worden sind. Ferner gaben die Ergebnisse computergestützt hergestellter Versorgungseinheiten in klinischen Langzeitstudien Anlass zu günstigen Prognosen.

Zahnmedizin ohne Digitaltechnik und CAD/CAM-Verfahren ist heute nicht mehr vorstellbar. Die intraorale und extraorale Messaufnahme, das Scannen von Antagonisten und Registraten, das dreidimensionale Konstruieren auf dem Bildschirm, die Nutzung unzähliger Zahnformen aus der Zahndatenbank, die Gestaltung anatomischer Kauflächen, das funktionelle Artikulieren am virtuellen Modell, die subtraktive Bearbeitung von Hochleistungskeramiken – all das wäre ohne Computereinsatz nicht möglich geworden. Dieser Quantensprung wurde schon 1985 vorbereitet: Mithilfe eines Videosensors konnte erstmalig eine Präparation, intraoral mit der Triangulationskamera aufgenommen, mehrdimensional vermessen und auf den Bildschirm übertragen werden. Mithilfe eines PCs, einer bildgebenden Software und einer angekoppelten CNC-Schleifeinheit wurde das erste Inlay aus Silikatkeramik an der Universität Zürich ausgeschliffen. Seitdem sind weltweit über 28 Millionen vollkeramische Restaurationen mithilfe der CAD/CAM-Technik chairside und im ZT-Labor hergestellt worden. Durch computergesteuerte Fräsaufbauten ist die subtraktive Bearbeitung von Silikat- und Oxidkeramiken für ästhetisch hochwertige Restaurationen mit einer reproduzierbaren, konstanten Werkstoffqualität bei gleichzeitiger Kostenoptimierung möglich geworden.

Den Impetus bezog diese Entwicklung aus zwei Quellen: Die Protagonisten der computergestützten Chairside-Versorgung wollten eine industriell herge-

stellte Keramik mit definierten physikalischen Eigenschaften unmittelbar an der Behandlungseinheit bearbeiten und den Patienten in einer Sitzung ohne Provisorium versorgen. Der andere Ansatz war, hochfeste Oxidkeramiken – z.B. Zirkonoxid (ZrO_2) – mithilfe der CAD/CAM- bzw. digital gesteuerten Frästechnik für Kronen- und Brückengerüste nutzbar zu machen.

Adhäsivtechnik förderte CAD/CAM-Restauration

Ein wichtiger Wegbereiter des computergestützten, vollkeramischen Restaurationsverfahrens war die Adhäsivtechnik. Damit wurde es möglich, die Festigkeit von Inlays, Onlays, Teilkronen aus industriell vorgefertigter und dann individuell ausgeschliffener Silikatkeramik auf die Zahnschicht zu übertragen. Die Vorbereitung der Zahnschicht durch Schmelzätzung, Dentinadhäsiv, Ätzung und Silanisierung der Keramik und die Nutzung von dualhärtendem Befestigungskomposit führte dazu, dass durch den kraftschlüssigen Verbund mit der Restzahnschicht die Restauration keine mechanische Grenzfläche mehr bot, an der rissauslösende Zugspannungen wirksam werden konnten (Abb. 3). Die Kombination von CAD/CAM-Keramik und Adhäsivtechnik ermöglichte die dauerhafte Stabilisierung selbst stark geschwächter Höcker. Auf die mechanische Retention konnte in der Kavitätengeometrie verzichtet werden, weil die adhäsive Befestigung einen innigen Verbund mit dem Restzahn gewährleistet. Dies ermöglichte eine relativ substanzschonende Präparationsform. In diesem Zusammenhang kann seitdem defektorientiert präpariert werden – das bedeutet, dass mit der Keramikteilkrone vielfach eine metallgestützte Krone vermieden werden kann, die vergleichsweise zur Erzielung einer me-

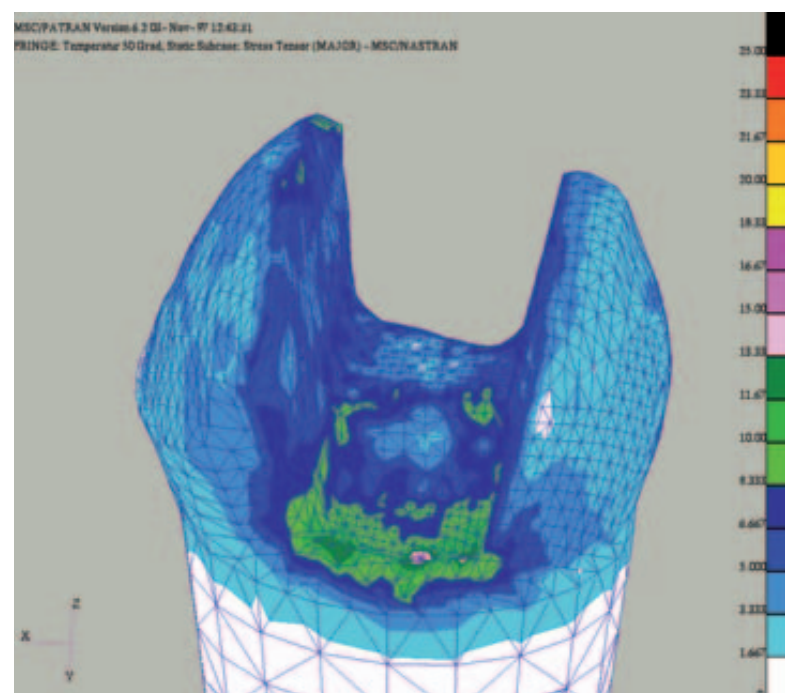


Abb. 3: FE-Messung mit Kaudruckbelastung: Das Keramikinlay trägt die Kau-last, die Zahnschicht bleibt stressfrei (Inlay ist ausgeblendet). Abb.: Mehl

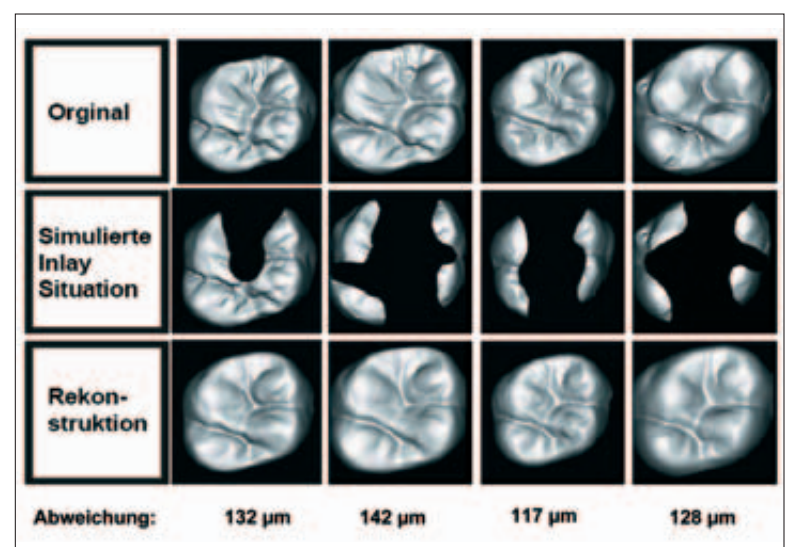


Abb. 4: Automatische Rekonstruktion von Inlaykavitäten mittels des biogenerischen Zahnmodells. Oben: Unversehrter Originalzahn. Mitte: Kavität. Unten: Nur anhand der Restzahnschicht (Mitte) automatisch rekonstruierte Kaufläche. Die angegebenen Abweichungen sind die metrischen Unterschiede zwischen Rekonstruktion und Originalzahn im Bereich der Kavität. Abb.: Mehl

chanischen Retention den zirkulären Abtrag und oftmals den Verlust selbst gesunder Zahnhartsubstanz erfordert. Der erheblich reduzierte Abtrag für die Keramikteilkrone hat wichtige Vor-

teile für Patient und Zahnarzt: Die Behandlung verläuft weniger traumatisch und die Risiken postoperativer Komplikationen werden verringert. Zudem wird die



Lebenserwartung der restaurierten Zähne erhöht.

Ein weiterer Baustein in der computergestützten Zahnmedizin sind die Scanner, die die Präparation der Kavität oder des Kronenstumpfs in die Konstruktions-Software einspeisen. Für die intraorale Messaufnahme hat sich die Triangulationskamera qualifiziert, die lichtoptisch und berührungsfrei die Präparation, Lateralfächen, Antagonisten und Quetschbiss aufnimmt mit einer Tiefenschärfe von 14 mm und einer Auflösungsgenauigkeit von 19 µm. Extraorale Scans werden vom Modell mit Laser- oder Taktilsensoren generiert. Hierbei werden die aus verschiedenen Winkeln erzeugten Aufnahmen von der Software zu einem virtuellen CAD/CAM-Modell zusammengerechnet.

Die Natur als Beispiel

Bei der Aufgabe, die fehlenden Kauflächen der nach Präparation verloren gegangenen Zahnschubstanz so wieder herzustellen, dass sich die Rekonstruktion nach statischen und funktionellen Gesichtspunkten wieder harmonisch in die vorhandene Gebissituation einfügt, leistet heute die Informatik wertvolle Hilfe. So ist es gelungen, mit einer biogenerischen Software individuelle, patientenspezifische Kauflächen für Inlays, Onlays und Teilkronen automatisch zu gestalten. Hierbei wird die übrig gebliebene, okklusale Restzahnschubstanz mit vielen Tausend digitaler Scans von Okklusalfächen in der Zahndatenbank abgeglichen. Morphologische Übereinstimmungen bei Fissuren, Höckern, Randleisten und die Gleitwinkel dienen als Merkmale mit der Konsequenz, dass passende Höcker, Fossa, Fissuren und Kontaktflächenwinkel aufgrund von Ähnlichkeiten bereitgestellt und virtuell in die Konstruktion eingefügt werden (Abb. 4). Anhand der

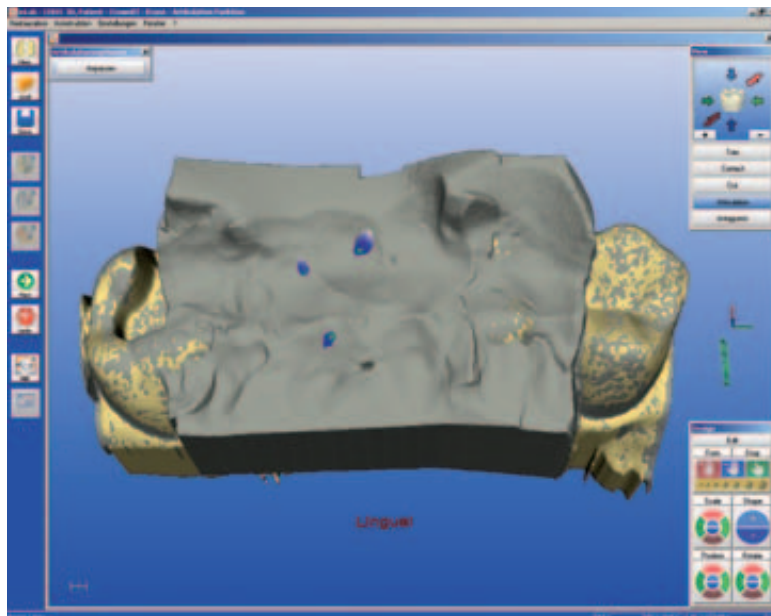


Abb. 5: Die Scandaten des Antagonisten, der funktionellen Bewegung, der Nachbarzähne werden im Okklusal-Design berücksichtigt.

Abb.: Mehl

Kontaktpunktverteilung und Höckerspitzen sowie Approximalkontakte kann die Software einen gut passenden Zahn berechnen und auf Kollision mit dem Registrat prüfen. Dieses Auffinden der natürlichen Kaufläche folgt genetischen Mustern und kreiert eine natürliche, individuelle und funktionale Kaufläche. Der nächste Schritt wird sein, dass bei der Rekonstruktion mehrerer Zähne im Quadranten die verschiedenen Kauflächen automatisch generiert und gemeinsam artikuliert werden.

Die hohe Prozessgeschwindigkeit der neuen Computergeneration, die hohe Auflösung der digitalen Aufnahmesensoren und die Weiterentwicklung der CAD/CAM-Software ermöglichen heute Konstruktionslösungen, die das Endergebnis exakt vorausbestimmen und zudem Zeit und Kosten sparen. So kann vom Zahnarzt chairside neben der biogenerischen Kauflächengestaltung die Okklusalfäche einer Krone auf den Antagonisten eingestellt, die Durchdringung von Höckern und Approximalkontakten geprüft und justiert werden,

bevor der Schleibefehl für die Fräseinheit ausgelöst wird (Abb. 5). Künftig wird es auch möglich sein, die Artikulation der konstruierten Restauration statisch und dynamisch im Voraus zu prüfen und damit Nacharbeiten in situ an der definitiven Versorgung zu reduzieren.

Auf der zahntechnischen Seite gehört es bereits zum Standard, dass die eingelesebenen Modell-Scans in der Konstruktionssoftware mit prothetischen Applikationen verbunden werden, z.B. Designvorschläge für Brückenkonnectoren, Angulation von Einschubachsen, prothetische Hilfsteile für Kombiarbeiten, Primärteile für Teleskopkronen, Geschiebe mit Schubverteiler, Suprastrukturen für die Implantatprothetik. Für Brückengerüste sind bereits subtraktiv ausgefräste, anatomisch geformte Verblendungen zum Überpressen oder Aufsintern auf ZrO_2 in Erprobung.

Die abdruckfreie Praxis

Der Werkstisch des Zahntechnikers rückt künftig näher an die Behandlungseinheit, indem die Digitalisierung Praxis und Labor enger verzahnt. Den Schlüssel hierzu bietet die abdruckfreie Praxis. Bei einem kürzlich vorgestellten System wird intra-oral Zahn um Zahn optoelektronisch gescannt und die Einzelaufnahmen zum Quadranten zusammengesetzt (Abb. 6). Insuffiziente Messaufnahmen werden automatisch erkannt und ersetzt. Der endgültige Datensatz kann über eine Funkbrücke an das Praxislabor oder über ein Internetportal an das ZT-Labor oder Fräszentrum in das stationäre CAD-System eingespeist werden (Abb. 7). Dort kann entweder virtuell eine Restauration konstruiert oder ein konventionelles 3-D-Arbeitsmodell, z.B. mithilfe eines wachsverarbeitenden 3-D-Printers im Rapid-Prototyping-Verfahren, zur zahntechnischen Ausarbeitung angefertigt werden. Ein Alternativverfahren fertigt mittels Intraoralkamera eine Videosequenz mit vielen tausend Aufnahmen. Aus dem daraus gerechneten Datensatz wird im ZT-Labor stereolithografisch ein 3-D-Modell aus Kunststoff gefertigt zur Weiterverarbeitung mit CAD/CAM-Software oder zur konventionellen Herstellung von Zahnersatz (Abb. 8).

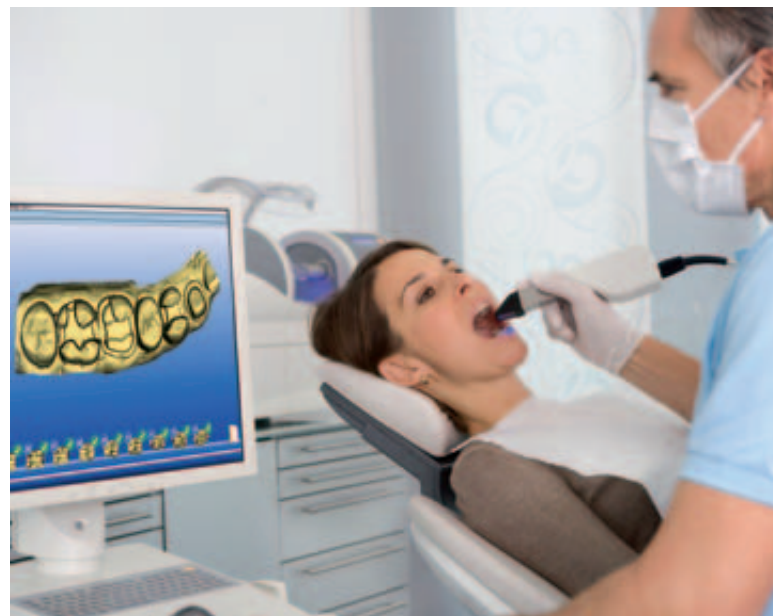


Abb. 6: Intraorale Einzelaufnahmen werden anatomisch korrekt zu einem virtuellen Quadrantenmodell zusammengefügt.

Foto: Sirona

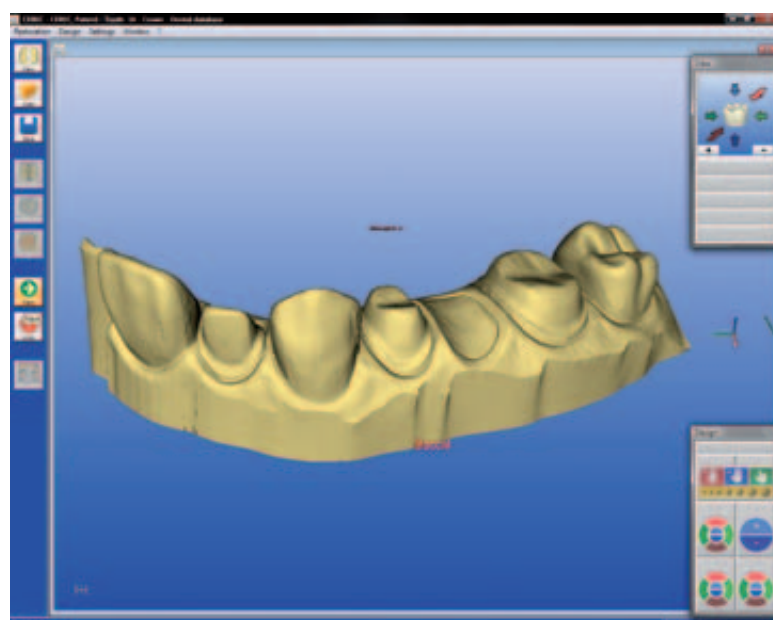


Abb. 7: Virtuelles Modell eines Quadranten, bereit zur zahntechnischen Bearbeitung.

Abb.: Mehl



Abb. 8: Die Videokamera des Chairside Oral-Scanner arbeitet mit 3 CCD-Sensoren und bildet in Echtzeit den gesamten Kiefer ab.

Foto: 3M Espe

Datensatz der Zahnoberflächen abgespeichert, lässt sich damit auch eine völlig neuartige, zahnmedizinische Diagnostik durchführen, indem man die zu verschiedenen Zeitpunkten aufgenommenen Messdaten miteinander vergleicht, um klinische Veränderungen festzustellen.

Die bevorstehende IDS 2009 wird ganz im Zeichen der Digitalisierung stehen und weitere Fortschritte ankündigen. Die Vorteile liegen auf der Hand: Die CAD/CAM-Technik ermöglicht die Bearbeitung industriell gefertigter Hochleistungskeramiken, generiert Datensätze zur Fertigung von vollkeramischen Restaurationen chairside und labside, bietet dem Patienten eine schonende Behandlung, verzahnt Praxis und Labor noch enger und verkürzt Arbeitsabläufe. [\[1\]](#)

Die verschiedenen Konzepte der abdruckfreien Praxis bieten einen erheblichen Komfort, weil die Abformung – evtl. mit Würge- reiz – entfällt, Fertigungszeiten verkürzt und die Produktivität auf der zahntechnischen Seite erheblich gesteigert werden kann. Hat man einmal einen 3-D-

Kontakt:

Manfred Kern
Arbeitsgemeinschaft
für Keramik
in der Zahnheilkunde e.V.
info@ag-keramik.de
www.ag-keramik.eu

ANZEIGE

OFFEN